



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE**  
**MINAS Y ENERGIA**



---

Trabajo De Fin De Grado

# Eficiencia energética en una vivienda unifamiliar.

Energy efficiency in a single-family home.

Para acceder al título de: Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos

Autor: Raúl Sainz Pelayo  
Director: Juan Carcedo Haya  
Convocatoria: Octubre 2020

“Comienza haciendo lo que es necesario, después lo que es posible y de repente  
estarás haciendo lo imposible.”

San Francisco de Asís

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos los profesores que me han acompañado a lo largo de mi formación académica por su gran labor como docentes.

De forma especial, quisiera agradecer a mi familia y en especial a mi pareja por haberme apoyado, ayudado y confiado en mí en los momentos más complicados de mi etapa universitaria.

Siempre tuve claro lo que quería estudiar y cual era mi objetivo final, pero nunca me imaginé encontrar a personas tan maravillosas en el camino, gracias a ellas este recorrido ha sido mucho más sencillo y agradable.

## RESUMEN

En los últimos años, el aumento poblacional ha condicionado una fuerte demanda energética. Países subdesarrollados, para abastecer dicha demanda, han sobreexplotado los recursos naturales, cuya consecuencia principal, es un aumento desmedido de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El sector residencial es un gran consumidor, y, por tanto, de forma indirecta un gran emisor de gases de efecto invernadero. Para combatir este hecho, se exige la aplicación del concepto de ‘eficiencia energética’, que viene acreditado por el certificado energético.

La eficiencia energética es la actividad que tiene por objetivo mejorar el uso de fuentes de energía, o, dicho de otra forma, la utilización de manera eficiente de la energía para la obtención de un cierto resultado.

Este concepto puede llevarse a cabo en edificios de nueva construcción, o bien, en edición ya existentes por medio de una rehabilitación. Esta última es muy importante en España, ya que, más del 80% de las viviendas españolas tienen más de 18 años y cerca de la mitad tienen más de 40.

En el presente trabajo se plantea la mejora energética de una vivienda unifamiliar, cuya calificación energética inicial es aceptable, C. Sin embargo, para cumplir con lo establecido en el Código Técnico de la Edificación (CTE) y obtener la mejor calificación energética posible, es necesario llevar a cabo una serie de propuestas con las que reducir la demanda energética, que, por ende, supone una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Estas propuestas abarcan diferentes ámbitos; asociadas a la envolvente térmica, consumo eléctrico, y a las instalaciones de calefacción y ACS.

- Propuesta 1: Introducción de fibra de celulosa como aislante de la envoltura térmica.
- Propuesta 2: Introducción de poliuretano como aislante de la envoltura térmica.
- Propuesta 3: Sustitución total de la iluminación de la vivienda por LED
- Propuesta 4: Sustitución parcial de los electrodomésticos por otros más eficientes.
- Propuesta 5: Sustitución de la caldera de gas natural por una caldera de biomasa.
- Propuesta 6: Sustitución de la caldera de gas natural por una de condensación y de los radiadores convencionales por suelo radiante
- Propuesta 7: Sustitución de la caldera de gas natural por una bomba de calor (aeroterminia), incluyendo la implantación del suelo radiante.
- Propuesta 8: Sustitución de la caldera de gas natural por una bomba de calor (aeroterminia), incluyendo la implantación de radiadores de baja temperatura.

Tras el estudio, técnicamente dichas propuestas resultaron viables. Desde un punto de vista económico, y teniendo en cuenta que los rangos de aplicación son diferentes, los resultados en algunos casos son desfavorable, dificultándola recuperación de las inversiones. Sin embargo, la elección final dependerá de la disposición que tenga el cliente para asumir dichas inversiones.

Para concluir se presentan las siguientes alternativas:

Si el cliente está dispuesto de asumir una elevada inversión, lo más recomendable sería aplicar una bomba de calor, tanto combinado con suelo radiante como con radiadores de baja temperatura.

Si el cliente no está dispuesto a asumir una elevada inversión, entonces, la mejor solución sería instalar una caldera de biomasa.

En ambos casos, se recomienda que la propuesta seleccionada se combine con una sustitución total de luminarias por LED y una sustitución parcial de los electrodomésticos más consumidores.

**Palabras Claves:** Cambio Climático, Gases de efecto invernadero, Eficiencia energética, Ahorro energético, Rehabilitación energética, Código técnico de la edificación, Biomasa, Bomba de calor, Suelo Radiante, Radiadores de baja temperatura.

## SUMMARY

In recent years, population growth has conditioned a strong energy demand. Underdeveloped countries, to supply this demand, have overexploited resources, the main consequence of which is an excessive increase in greenhouse gas emissions.

The residential sector is a large consumer, and therefore indirectly a large emitter of greenhouse gases. To combat this, the concept of 'energy efficiency' is required, which is accredited by the energy certificate.

Energy efficiency is the activity that aims to improve the use of energy sources, or in other words, the efficient use of energy to obtain a certain result.

This concept can be implemented in new buildings, or in existing editions by means of a renovation. The latter is very important in Spain, as more than 80% of Spanish homes are over 18 years old and almost half are over 40.

In this work, the energy improvement of a single-family house is considered, whose initial energy rating is acceptable, C. However, in order to comply with the Technical Building Code (CTE) and to obtain the best possible energy rating, it is necessary to carry out a series of proposals with which to reduce the energy demand, which, therefore, means a reduction in CO<sub>2</sub> emissions. These proposals cover different areas; associated with the thermal envelope, electrical consumption, and heating and domestic hot water installations.

- Proposal 1: Introduction of cellulose fibre as an insulator of the thermal envelop
- Proposal 2: Introduction of polyurethane as an insulator of the thermal envelope.
- Proposal 3: Total replacement of the lighting in the house with LEDs
- Proposal 4: Partial replacement of household appliances by more efficient ones.
- Proposal 5: Replacement of the natural gas boiler by a biomass boiler.
- Proposal 6: Replacement of the natural gas boiler by a condensing boiler and of conventional radiators by floor heating
- Proposal 7: Replacement of the natural gas boiler by a heat pump (aerothermal), including the installation of floor heating.
- Proposal 8: Replacement of the natural gas boiler by a heat pump (aerothermal), including the installation of low temperature radiators.

Following the study, these proposals proved technically feasible. From an economic point of view, and considering that the ranges of application are different, the results in some cases are unfavourable, making it difficult to recover the investments. However, the final choice will depend on the client's willingness to take on these investments.

To conclude, the following alternatives are presented:

If the customer is prepared to make a large investment, the best option is to use a heat pump, either in combination with underfloor heating or with low-temperature radiators.

If the customer is not prepared to make a high investment, then the best solution would be to install a biomass boiler.

In both cases, it is recommended that the selected proposal be combined with a total replacement of the luminaires with LEDs and a partial replacement of the most common household appliances.

**Key Words:** Climate change, Greenhouse gas, Energy efficiency, Energy saving, Energy rehabilitation, Technical Building Code, Biomass, Heat pump, radiant floor, low-temperature radiators.

# INDICE

1.	Introducción.....	15
1.1.	La acción humana y el cambio climático.....	15
1.2.	Consumo y emisiones del sector energético.....	16
1.3.	Consumo y emisiones del sector residencial.....	18
1.4.	Evolución histórica de la eficiencia energética.....	21
1.5.	Evolución de la eficiencia en el ámbito nacional.....	22
2.	Objetivos.....	26
3.	Marco Legal.....	28
4.	Metodología y herramientas utilizadas.....	31
5.	Descripción general de la vivienda.....	33
5.1.	Emplazamiento.....	33
5.2.	Zona climática.....	36
5.3.	Superficies y alturas de planta.....	38
5.4.	Clasificación de los espacios de la vivienda.....	40
6.	Análisis energético de la vivienda.....	41
6.1.	Envoltentes, cerramientos y particiones interiores.....	41
6.1.1.	Transmitancias térmicas.....	41
6.2.	Puentes térmicos.....	53
6.3.	Ocupación.....	54
6.4.	Cargas Térmicas.....	54
6.5.	Consumos de energía eléctrica.....	64
6.5.1.	Iluminación.....	64
6.5.2.	Electrodomésticos.....	67
6.6.	Instalaciones de climatización y acs.....	67
7.	Calificación energética.....	74
7.1.	Normativa.....	74
7.2.	Certificado Energético.....	76
7.3.	Variables analizadas.....	77
7.3.1.	Factores de paso de energía y factores de emisión de CO <sub>2</sub> .....	77
7.4.	Resultados de la situación actual.....	78
7.4.1.	Demanda de calefacción.....	79
7.4.2.	Consumos de energía final.....	80
7.4.3.	Consumos de energía primaria no renovable.....	80



7.4.4.	Emisiones de CO <sub>2</sub> .....	81
8.	Propuestas de mejora.....	83
8.1.	Mejoras asociadas a la envolvente térmica.....	84
8.1.1.	Propuesta 1: Introducción de fibra de celulosa como aislante de la envoltura térmica. 88	
8.1.2.	Propuesta 2: Introducción de poliuretano como aislante de la envoltura térmica. 91	
8.2.	Mejoras asociadas a la iluminación.....	93
8.2.1.	Propuesta 3: Sustitución total de la iluminación de la vivienda por LED. 94	
8.3.	Mejoras asociadas a los electrodomesticos.....	99
8.3.1.	Propuesta 4: Sustitución parcial de los electrodomésticos por otros más eficientes. ....	99
8.4.	Mejoras asociadas a las instalaciones.....	103
8.4.1.	Propuesta 5: Sustitución de la caldera de gas natural por una caldera de biomasa.....	109
8.4.2.	Propuesta 6: Sustitución de la caldera de gas natural por una de condensación y de los radiadores convencionales por suelo radiante.....	116
8.4.3.	Propuesta 7: Sustitución de la caldera de gas natural por una bomba de calor (aerotermia), incluyendo la implantación del suelo radiante.....	130
8.4.4.	Propuesta 8: Sustitución de la caldera de gas natural por una bomba de calor (aerotermia), incluyendo la implantación de radiadores de baja temperatura. ....	140
9.	Análisis técnico-económico.....	148
10.	Análisis de la rentabilidad. ....	155
11.	Conclusiones. ....	162

## ANEXOS

## BIBLIOGRAFÍA

## **INDICE DE GRÁFICAS**

Gráfica 1-1: Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas. Fuente: Informe de síntesis de IPCC.....	15
Gráfica 1-2: Promedio global del cambio del nivel del mar. Fuente: Informe de síntesis de IPCC.....	15
Gráfica 1-3: Consumo mundial del sector energético. Fuente: EU statistics.....	16
Gráfica 1-4: Emisiones de CO <sub>2</sub> mundial por sector.....	17
Gráfica 1-5: Mix energético mundial. Fuente: EU statistics.....	17
Gráfica 1-6: Emisiones de CO <sub>2</sub> mundiales. Fuente: EU statistics.....	18
Gráfica 1-7: Estructura de Consumo según Usos Energéticos. Fuente: IDAE.....	18
Gráfica 1-8: Mix energético en los usos. Fuente: Comisión de expertos sobre escenarios de transición energética. ....	19
Gráfica 1-9: Evolución del consumo energético unitario en el sector residencial por usos. Fuente: Comisión de expertos sobre escenarios de transición energética.....	19
Gráfica 1-10: Emisiones de gases de efecto invernadero. En millones de toneladas equivalentes de CO <sub>2</sub> . Fuente: INE.....	20
Gráfica 1-11: Dependencia energética en España. Fuente: APPA Renovables.....	23
Gráfica 1-12: Consumo de energía primaria en España. Fuente: APPA Renovables.....	24
Gráfica 1-13: Cobertura de la demanda de energía eléctrica. Fuente: APPA Renovables.....	24
Gráfica 5-14: Temperaturas máximas y mínimas promedio. Fuente: <a href="https://es.weatherspark.com/">https://es.weatherspark.com/</a> .....	37
Gráfica 5-15: Probabilidad diaria de precipitaciones. Fuente: <a href="https://es.weatherspark.com/">https://es.weatherspark.com/</a> .....	37
Gráfica 5-16: Categorías de nubosidad. Fuente: <a href="https://es.weatherspark.com/">https://es.weatherspark.com/</a> .....	37
Gráfica 5-17: Horas de luz natural y crepúsculo. Fuente: <a href="https://es.weatherspark.com/">https://es.weatherspark.com/</a> .....	37
Gráfica 7-18: Verificación del límite de demanda.....	79
Gráfica 7-19: Consumos de energía finales por m <sup>2</sup> anual.....	80
Gráfica 7-20: Consumos de energía final anual.....	80
Gráfica 7-21: Consumo de energía primaria no renovable por m <sup>2</sup> anual.....	81
Gráfica 7-22: Consumos de energía primaria no renovable anual.....	81
Gráfica 7-23: Emisiones por m <sup>2</sup> anual.....	81
Gráfica 7-24: Emisiones anuales.....	81
Gráfica 8-25: Comparación de las energías finales. Propuesta 1.....	90
Gráfica 8-26: Comparación de las energías finales. Propuesta 2.....	92
Gráfica 8-27: Potencias por cada espacio antes y después de la mejora.....	96
Gráfica 8-28: Potencias instaladas en cada espacio antes y después de la mejora.....	97
Gráfica 8-29: Eficiencia energética de cada espacio (VEEI).....	97
Gráfica 8-30: Reparto del consumo doméstico.....	100
Gráfica 8-31: Comparación del consumo de electrodomésticos.....	101
Gráfica 8-32: Comparativa de energías finales. Propuesta 5.....	113
Gráfica 8-33: Comparativa de energías finales. Propuesta 6.....	127
Gráfica 8-34: Comparación del consumo anual de energía. Propuesta 7.....	137
Gráfica 8-35: Comparación de consumos de calefacción en energía primaria. Fuente: Blog de “GasFrioCalor”.....	141
Gráfica 8-36: Comparación del consumo anual de energía. Propuesta 7.....	145
Gráfica 10-37: Flujo de caja de la relación entre la inversión y el ahorro en las propuestas de aislantes térmicos. ....	157

Gráfica 10-38:Flujo de cajas relación entre la inversión y el ahorro en las propuestas de reducción del consumo eléctrico. ....	158
Gráfica 10-39:Flujos de caja de la relación entre la inversión y el ahorro en las propuestas para la reducción del consumo y las emisiones. ....	160

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 5-1:Zonas climáticas. ....	38
Tabla 5-2:Cuadro de desglose de las superficies de la vivienda.....	39
Tabla 5-3: Cuadro de alturas de la planta bajo cubierta. ....	39
Tabla 6-4: Valores límite de transmitancia térmica, $U_{lim}$ [ $W/m^2K$ ]. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.....	41
Tabla 6-5:Comparación entre los valores de $U$ de nuestro proyecto frente a la normativa. ....	42
Tabla 6-6: Listado de materiales utilizados y sus características.....	42
Tabla 6-7: Resistencias térmicas superficiales. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía. ....	43
Tabla 6-8: Datos del muro exterior.....	44
Tabla 6-9: Datos de la cubierta.....	44
Tabla 6-10: Transmitancia térmica $U_s$ [ $W/m^2K$ ]. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía. ....	45
Tabla 6-11: Datos del forjado del terreno. ....	46
Tabla 6-12: Transmitancia térmica de muros enterrados $U_T$ [ $W/m^2K$ ]. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.....	47
Tabla 6-13: Datos de las medianeras. ....	47
Tabla 6-14: Datos del forjado interior.....	48
Tabla 6-15: Datos de los tabiques.....	48
Tabla 6-16: Características de los vidrios. ....	49
Tabla 6-17: Características de los marcos.....	49
Tabla 6-18: Transmitancia térmica lineal $\psi_p$ y $\psi_v$ en huecos*. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía. ....	50
Tabla 6-19: Características de la puerta del garaje. ....	50
Tabla 6-20: Características de la puerta de entrada a la vivienda. ....	51
Tabla 6-21: Características de las ventanas.....	51
Tabla 6-22 :Transmitancia total de energía solar para diferentes tipos de vidrio. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.....	51
Tabla 6-23: Transmitancia total de energía solar de huecos para distintos dispositivos de sombra móvil ( $g_{gl}$ ; $sh$ ; $w_i$ ). Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía. ....	52
Tabla 6-24: Eficacia de la protección solar en función del $g_{gl}$ ; $sh$ ; $w_i$ . Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.....	52
Tabla 6-25: Factor de sombra para obstáculos de fachada ( $F_{sh,obst}$ ): Retranqueo. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía. ....	53
Tabla 6-26:Características de los puentes térmicos. ....	54
Tabla 6-27: Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía. ....	54

Tabla 6-28: Fragmento de la tabla de condiciones exteriores de proyecto para diferentes localizaciones. Fuente: Guía IDEA Condiciones climáticas, nº12. ....	55
Tabla 6-29: Condiciones interiores en viviendas. Fuente: ITC 1, diseño y dimensionamiento (RITE). ....	55
Tabla 6-30: Coeficientes de transmisión térmicos. ....	57
Tabla 6-31: Caudales de ventilación mínimos exigidos. Código Técnico de Edificación (CTE). ....	58
Tabla 6-32: Área efectiva de las aberturas de ventilación de un local en cm <sup>2</sup> . Fuente: Código Técnico de Edificación (CTE) ....	59
Tabla 6-33: Cálculos del caudal del aire de entrada (l/s). ....	59
Tabla 6-34: Cálculo del caudal del aire de extracción (l/s). ....	59
Tabla 6-35: Pérdidas de calor totales en el Salón-Comedor. ....	60
Tabla 6-36: Pérdidas de calor por ventilación en el Baño 1 ....	60
Tabla 6-37: Pérdidas de calor totales en la Cocina. ....	61
Tabla 6-38: Pérdidas de calor totales en el Dormitorio 1. ....	61
Tabla 6-39: Pérdidas de calor totales en el Dormitorio 2. ....	62
Tabla 6-40: Pérdidas de calor total en el Baño 2. ....	62
Tabla 6-41: Pérdidas de calor totales en el Baño 3. ....	63
Tabla 6-42: Pérdidas de calor totales en el Dormitorio 3. ....	63
Tabla 6-43: Definición y características de las iluminarias. ....	65
Tabla 6-44: Iluminancia media horizontal mantenida. ....	66
Tabla 6-45: Valores obtenidos de la VEEL. ....	66
Tabla 6-46: Consumos eléctricos de los electrodomésticos de la vivienda. ....	67
Tabla 6-47: Base de datos de las instalaciones en CALENER VYP. Basado en: Manual de CALENER. ....	68
Tabla 6-48: Características principales de la caldera. ....	69
Tabla 6-49: Capacidad nominal de los radiadores. ....	71
Tabla 6-50: Demanda de referencia a 60°C. ....	72
Tabla 7-51: Factores de paso. Fuente: RITE. ....	78
Tabla 7-52: Tabla resumen sobre resultados demanda, consumos y emisiones. ....	82
Tabla 8-53: Matriz de decisión de aislamientos térmicos. ....	87
Tabla 8-54: Características de la fibra de celulosa. ....	88
Tabla 8-55: Comparación de las transmitancias térmicas usando fibra de celulosa. ....	89
Tabla 8-56: Calificaciones energéticas parciales y finales. Propuesta 1. ....	89
Tabla 8-57: Consumos de energías finales y emisiones de CO <sub>2</sub> anuales. Propuesta 1. ....	89
Tabla 8-58: Coste económico en energía. ....	90
Tabla 8-59: Características del poliestireno extruido. ....	91
Tabla 8-60: Comparación de las transmitancias térmicas usando poliestireno extruido. ....	91
Tabla 8-61: Calificaciones energéticas parciales y finales. Propuesta 2. ....	92
Tabla 8-62: Consumos de energías finales y emisiones de CO <sub>2</sub> anuales. Propuesta 2. ....	92
Tabla 8-63: Coste económico en energía. Propuesta 2. ....	93
Tabla 8-64: Intensidad lumínica recomendada por estancia. ....	94

Tabla 8-65: Flujo luminoso total por estancia. ....	95
Tabla 8-66: Características de las luminarias LED. ....	95
Tabla 8-67: Valores obtenidos de la VEEI mejorados. ....	96
Tabla 8-68: Consumos de energía no renovable y emisiones de CO <sub>2</sub> . ....	98
Tabla 8-69: Coste económico en energía. ....	98
Tabla 8-70: Consumo energético en la situación modificada. ....	100
Tabla 8-71: Comparación entre los consumos de los electrodomésticos la situación inicial y tras la mejora. ....	101
Tabla 8-72: Consumos de energía no renovable y emisiones de CO <sub>2</sub> . Propuesta 4. ....	102
Tabla 8-73: Coste económico en energía. Propuesta 4. ....	102
Tabla 8-74: Calificaciones energéticas. Propuesta 5. ....	112
Tabla 8-75: Consumos de energías finales y emisiones de CO <sub>2</sub> anuales. Propuesta 5. ....	113
Tabla 8-76: Coste económico en energía. Propuesta 5. ....	113
Tabla 8-77: Componentes necesarios para la instalación del suelo radiante. ....	119
Tabla 8-78: Cálculo de la temperatura media superficial. ....	120
Tabla 8-79: Valores de la resistencia térmica de la solera emisora. Fuente: [16]. ....	121
Tabla 8-80: Cálculo de la temperatura de impulsión del agua. ....	122
Tabla 8-81: Cálculos de los caudales de agua. ....	123
Tabla 8-82: Diámetros tipo de las tuberías de polietileno reticulado. Fuente: [16]. ....	124
Tabla 8-83: Definición del suelo radiante. ....	124
Tabla 8-84: Calificaciones energéticas. Propuesta 6. ....	126
Tabla 8-85: Consumos de energías finales y emisiones de CO <sub>2</sub> anuales. Propuesta 6. ....	126
Tabla 8-86: Coste económico en energía. Propuesta 6. ....	127
Tabla 8-87: Especificación de la bomba de calor. ....	132
Tabla 8-88: Izquierda: Mapa con las diferentes zonas climáticas dentro del territorio español. Derecha: Factores de ponderación en bombas de calor dependiendo de la zona climática. Fuente: IDAE (16). ....	133
Tabla 8-89: Factores de corrección en función de la temperatura de condensación y la del ensayo del COP. Fuente: IDAE (16). ....	134
Tabla 8-90: Comparación entre el refrigerante R-32 y el R-290. Fuente: Conferencia de Saunier Duval. ....	134
Tabla 8-91: Calificaciones energéticas. Propuesta 7. ....	136
Tabla 8-92: Consumos de energías finales y emisiones de CO <sub>2</sub> anuales. Propuesta 7. ....	136
Tabla 8-93: Coste económico en energía. Propuesta 7. ....	137
Tabla 8-94: Diferencias entre los radiadores de baja temperatura y los de aluminio. Fuente: Blog de "GasFrioCalor". ....	142
Tabla 8-95: Condiciones iniciales para el cálculo de los radiadores de baja temperatura. ....	143
Tabla 8-96: Cálculo de la potencia instalada y del número de radiadores de baja temperatura. ....	143
Tabla 8-97: Calificaciones energéticas. Propuesta 7. ....	144
Tabla 8-98: Consumos de energías finales y emisiones de CO <sub>2</sub> anuales. Propuesta 7. ....	144
Tabla 8-99: Coste económico en energía. Propuesta 7. ....	145

Tabla 10-100: Resumen resultados del VAN y el TIR a 25 años. ....	161
Tabla 11-101: Cuadro resumen de los resultados del estudio energético. ....	163
Tabla 11-102: Cuadro resumen de los ahorros energéticos. ....	164

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1-1 Motores climáticos de los impactos potenciales (MCIP). Fuente: IPCC. ....	16
Ilustración 4-2: Definición del caso de estudio en LIDER-CALENER. ....	32
Ilustración 5-3:Fuente: Wikipedia imágenes. ....	33
Ilustración 5-4: Localización del municipio. Fuente: Wikipedia imágenes. ....	33
Ilustración 5-5: Vista aérea de la urbanización y Orientación. ....	34
Ilustración 5-6: Apariencia de la vivienda real construida. ....	34
Ilustración 5-7:Cara norte de la vivienda. ....	35
Ilustración 5-8:Cara norte de la vivienda (CALENER). ....	35
Ilustración 5-9: Cara Este y Oeste. ....	35
Ilustración 5-10: Cara Este y Oeste (CALENER). ....	35
Ilustración 5-11: Cara sur de la vivienda. ....	36
Ilustración 5-12: Cara sur de la vivienda (CALENER). ....	36
Ilustración 6-13: Tipos de soleras con aislamiento perimetral. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía. ....	46
Ilustración 6-14: Esquema de un muro en contacto con el terreno. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía. ....	46
Ilustración 6-15: Distribución de la instalación. ....	69
Ilustración 6-16: Propiedades básicas de la caldera en CALENER VYP. ....	70
Ilustración 6-17: Propiedades básicas de calefacción y ACS en CALENER VYP. ....	70
Ilustración 6-18: Propiedades básicas de la demanda de ACS en CALENER VYP. ....	72
Ilustración 7-19:Las diferentes partes de una Etiqueta de Eficiencia Energética. ....	75
Ilustración 7-20: Wikipedia imágenes. ....	76
Ilustración 7-21: Certificación energética de la vivienda objeto. ....	79
Ilustración 8-22: Inyección de aislamiento de fibra de celulosa. Fuente: Arrevol Arquitectos. ....	84
Ilustración 8-23:Fotografía termográfica. Fuente: Arrevol Arquitectos. ....	85
Ilustración 8-24:Aislamiento térmico en cámara de fachada. Fuente: Arrevol Arquitectos. ....	85
Ilustración 8-25: Aislamiento térmico exterior. Fuente: Arrevol Arquitectos. ....	86
Ilustración 8-26:Aislamiento mediante paneles de fibra de celulosa bajo cubierta. Fuente: Arrevol Arquitectos. ....	86
Ilustración 8-27: Aislamiento térmico mediante lana de roca en falso techo. Fuente: Arrevol Arquitectos. ....	86
Ilustración 8-28: Trasdosado mediante corcho decorativo. Fuente: Arrevol Arquitectos. ....	87
Ilustración 8-29: Trasdosado mediante paneles OSB. Fuente: Arrevol Arquitectos. ....	87
Ilustración 8-30: Caldera de biomasa marca DOMUSA BICLASS NG 10. ....	110
Ilustración 8-31: Acumulador serpentín S20 COBALLES. ....	110

Ilustración 8-32: Propiedades de la Caldera de Biomasa en CALENER VYP.....	111
Ilustración 8-33: Propiedades básicas y avanzadas del Acumulador de inercia en CALENER VYP.....	112
Ilustración 8-34: Caldera de condensación .....	116
Ilustración 8-35: Propiedades de la caldera de condensación en CALENER VYP. ....	117
Ilustración 8-36: Resistencias térmicas mínimas. Fuente: norma UNE EN 1264.....	118
Ilustración 8-37: Propiedades básicas de calefacción y ACS del Suelo Radiante en CALENER VYP. ..	125
Ilustración 8-38: Consumo de una bomba de calor. Fuente: Calor y Frio.....	131
Ilustración 8-39: Bomba de calor aroTHERM PLUS. Idz: Bomba de calor unidad exterior. Drcha: Unidad interior. ....	132
Ilustración 8-40: Radiador de aluminio Xian 600N Ferroli.....	142

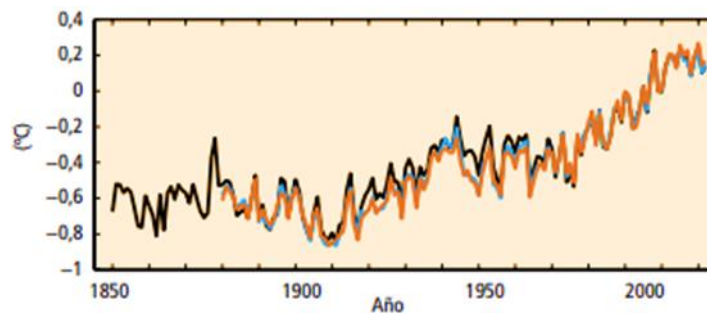
## 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1. LA ACCIÓN HUMANA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.

En la actualidad el ser humano tiene la capacidad de alterar al sistema climático, el cual se encuentra formado por cinco elementos, como es la atmósfera (capa gaseosa que envuelve a la Tierra), la hidrosfera (agua dulce y salada en estado líquido), la criosfera (agua en estado sólido), la litosfera (suelo) y la biosfera (conjunto de seres vivos que habitan la Tierra), debido a la intensa emisión de gases de efecto invernadero como resultado de la utilización de combustibles fósiles.

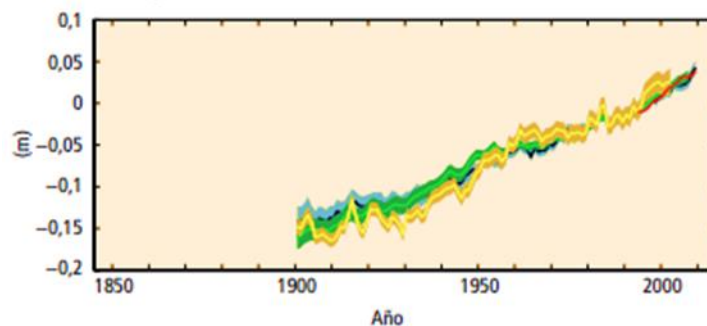
De acuerdo con lo redactado en la Guía Resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático), exponen que cuanto más altere el ser humano al clima, más riesgos de impactos severos e irreversibles tendremos y más difíciles serán de mitigar. [1]

Tal y como podemos ver en la Gráfica 1-1, existen evidencias claras que la creciente emisión de gases de efecto invernadero ya existentes como ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y vapor de agua) y otros de origen humano como los clorofluorometanos (CFC's) a la atmósfera está vinculada al incremento de la temperatura media global de unos  $0,6^\circ\text{C}$ . [2]



Gráfica 1-1: Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas. Fuente: Informe de síntesis de IPCC.

Este aumento de la temperatura media global conlleva a que fundamentalmente los océanos estén absorbiendo la mayor parte de la energía adicional (deshielos) incorporada al sistema climático, provocando un aumento de los niveles del mar Gráfica 1-2.



Gráfica 1-2: Promedio global del cambio del nivel del mar. Fuente: Informe de síntesis de IPCC.



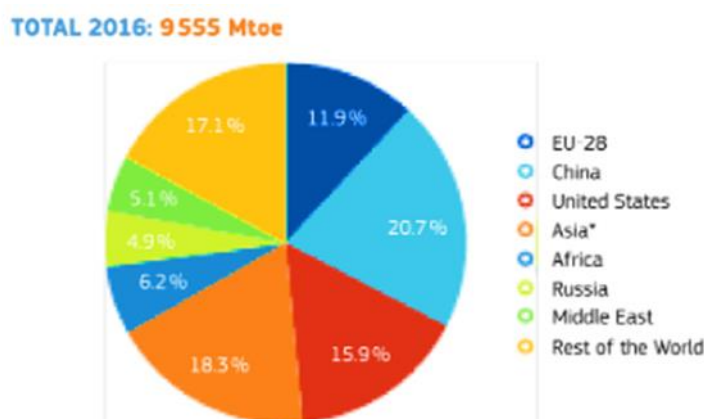
Desde mediados del siglo XX se han observado cambios en la frecuencia e intensidad de muchos eventos meteorológicos y climáticos extremos tal y como se puede observar en la Ilustración 1-1 que muestra los motores climáticos de los impactos potenciales para los seres humanos y los ecosistemas. La mayoría se encuentran relacionados con la acción humana, incluyendo la disminución de las temperaturas frías extremas, el aumento de las temperaturas cálidas extremas, el aumento en los niveles del mar extremadamente altos, el aumento en el número de episodios de precipitaciones intensas, la reducción de la biodiversidad marina y terrestre y el riesgo creciente de extinción de las especies vegetales, las cuales no se pueden adaptar a los cambios sufridos en sus hábitats naturales son algunos de los efectos provocados por el cambio sufrido en el clima.



Ilustración 1-1 Motores climáticos de los impactos potenciales (MCIP). Fuente: IPCC.

## 1.2. CONSUMO Y EMISIONES DEL SECTOR ENERGÉTICO.

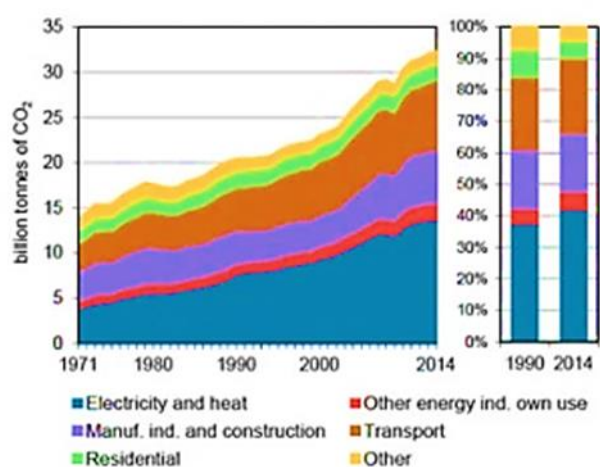
En los últimos años el aumento de la población mundial ha condicionado el consumo de energía para satisfacer las necesidades humanas por parte de los países desarrollados, dando lugar a la sobreexplotación de los recursos naturales, a la deforestación masiva de los bosques y como consecuencia provocando altas emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera, Gráfica 1-3.



Gráfica 1-3: Consumo mundial del sector energético. Fuente: EU statistics.

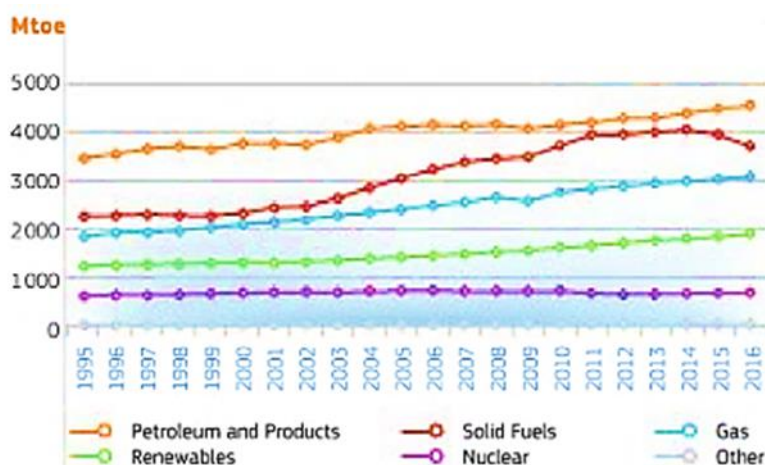
Como podemos ver en el Gráfica 1-4 desde hace 25 años aproximadamente las emisiones globales de CO<sub>2</sub> aumentaron en casi un 50%, siendo los sectores de generación de electricidad y calor y el transporte los más contribuyentes, mientras que los sectores

industriales y de construcción tienen un comportamiento más conservador. Otros como el sector residencial han ido disminuyendo.



Gráfica 1-4 Emisiones de CO<sub>2</sub> mundial por sector.

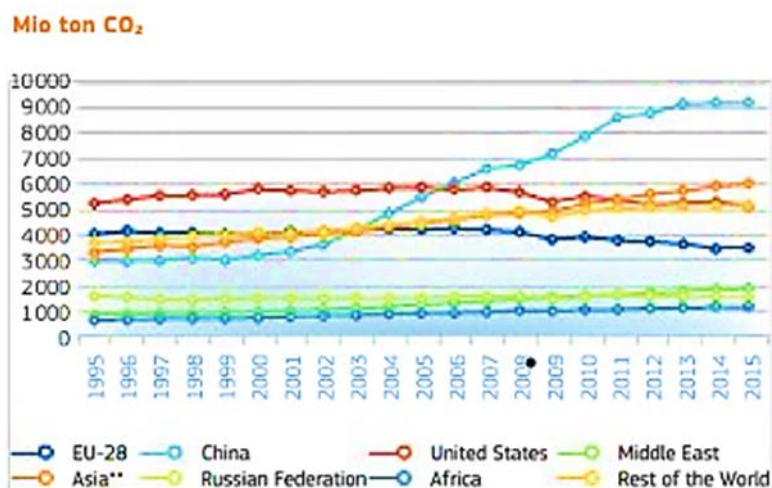
Todos estos datos y factores críticos han provocado en los últimos años una gran preocupación en la sociedad a nivel mundial debido al cambio climático y a la escasez en los recursos naturales. Para combatir esto se están creando medidas paliativas como la impulsión de las energías renovables y limpias en contraposición del uso de combustibles fósiles, sin embargo, aún se tiene una gran dependencia de ellas, Gráfica 1-5.



Gráfica 1-5: Mix energético mundial. Fuente: EU statistics.

En cuanto a la Unión Europea y según el informe “*El medio ambiente en Europa estado y perspectivas 2020*” publicado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), informa de que Europa se enfrenta a retos medioambientales de una gran magnitud. Además, recalca que las políticas implantadas en materia de clima y medio ambiente han aportado importantes beneficios durante las últimas décadas tal como la disminución del

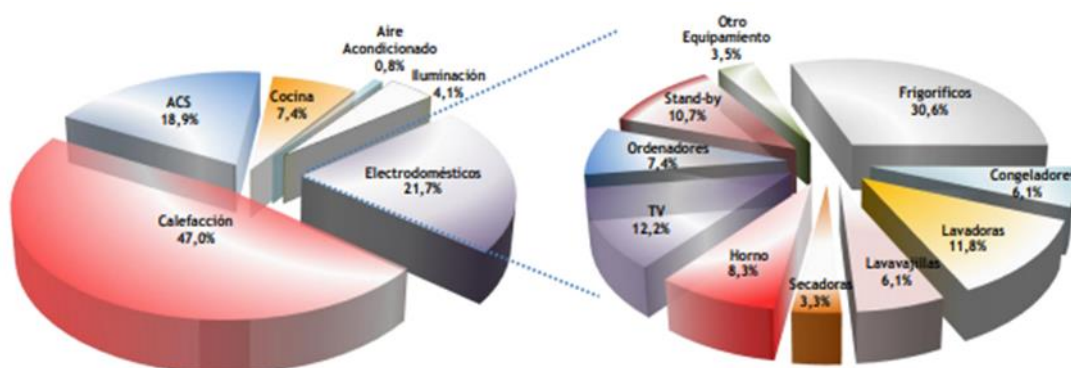
consumo energético gracias a una mayor eficiencia energética y a un incremento en la utilización de energías renovables, lo que ha conllevado una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Gráfica 1-6. Por consiguiente, el objetivo de la UE sigue siendo la sostenibilidad a largo plazo bajo el lema «vivir bien, respetando los límites de nuestro planeta». [1]



Gráfica 1-6: Emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales. Fuente: EU statistics.

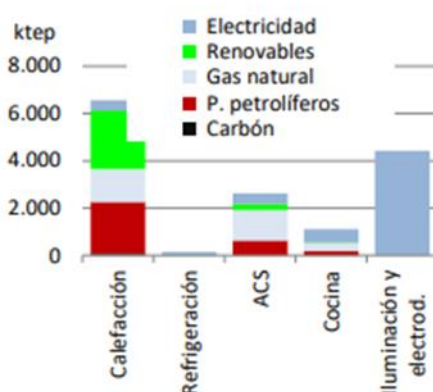
## 1.3. CONSUMO Y EMISIONES DEL SECTOR RESIDENCIAL.

En el sector residencial, los usos energéticos están divididos en agua caliente sanitaria (ACS), climatización (calefacción y refrigeración), cocina e iluminación/electrodomésticos. Cabe destacar que, la calefacción, con el 47%, seguida de electrométricos (21,7%) y del ACS (18,9%). Finalmente tenemos cocina (7,4%), iluminación (4,1%) y aire acondicionado (0,8%). En cuanto a los electrodomésticos los que más consumidores son frigoríficos, televisiones y lavadoras, Gráfica 1-7. [2].



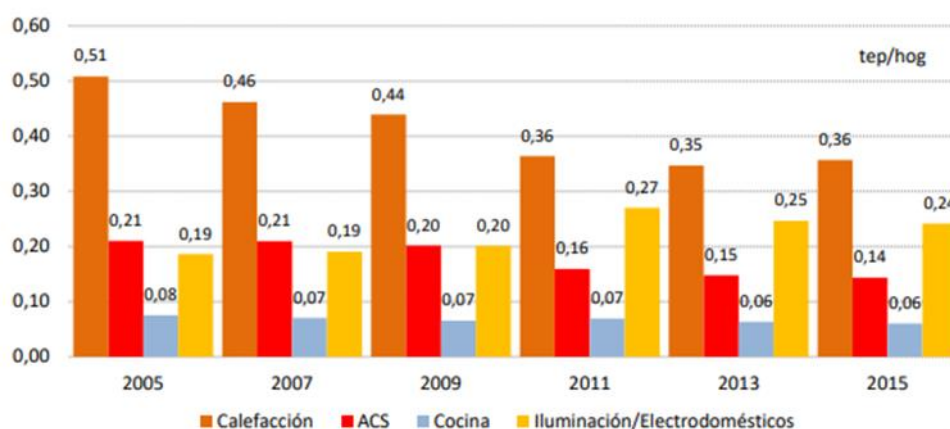
Gráfica 1-7: Estructura de Consumo según Usos Energéticos. Fuente: IDAE.

Centrándonos en la calefacción, las energías más consumida son la biomasa con el 37% y los derivados del petróleo (33%). En cuanto al agua caliente sanitaria, predomina el gas natural con aproximadamente el 50% y finalmente en cocinas, el 50% es consumo eléctrico y el 30% gas natural, Gráfica 1-8.



Gráfica 1-8: Mix energético en los usos. Fuente: Comisión de expertos sobre escenarios de transición energética.

A continuación, tal y como vemos en el Gráfica 1-9, que representa la evolución del consumo unitario en los hogares por el tipo de utilización. Centrándonos en él, se puede observar un mantenimiento del uso de calefacción y cocina, además de una ligera disminución en ACS, electrométricos e iluminación en los últimos años, debido a los avances en eficiencia y al etiquetado energético de los equipos.



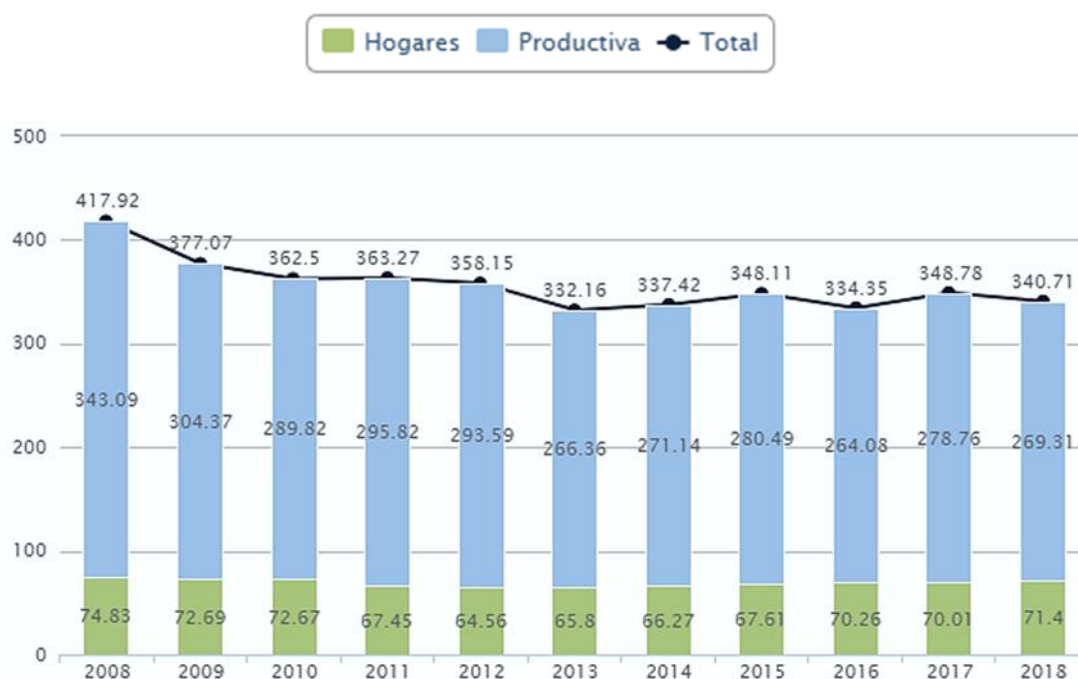
Gráfica 1-9: Evolución del consumo energético unitario en el sector residencial por usos. Fuente: Comisión de expertos sobre escenarios de transición energética.

Estos avances indican que la intensidad energética en dicho sector ha ido mejorando en los últimos años e ira mejorando en los siguientes. Siendo continua la reducción de la intensidad energética tanto por usos térmicos como por usos eléctricos.

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, hay que destacar que, los hogares ya han desplazado al sector energético como el segundo mayor foco de emisiones. Además, mientras que las fábricas contaminan cada vez menos, las viviendas lo hacen cada vez a una mayor intensidad. [3]

Según datos del instituto nacional de estadística (INE), y como se ve en la Gráfica 1-10, en el año 2018 los hogares españoles vertieron a la atmosfera una cantidad de 71,4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. En comparación con hace una década son unos buenos indicadores ya que se redujo en 3,4, sin embargo, este valor es casi siete veces más que en 2012 (64,56%), en plena crisis. A partir de 2012 y hasta 2018, se ha incrementado un 10,6%, a la vez que los sectores productivos, por el contrario, reducían sus emisiones en casi cinco puntos y cerca de 18 millones de toneladas.



Gráfica 1-10: Emisiones de gases de efecto invernadero. En millones de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>. Fuente: INE.

Todos estos datos indican la necesidad de implantar mejoras que reduzcan tanto el consumo como las emisiones de CO<sub>2</sub> en las viviendas españolas. Tal y como señala Tatiana Nuño, responsable de Cambio Climático de Greenpeace, con esta frase: “Solo la industria supera a los hogares en volumen de emisiones en España, y eso es algo que debería hacernos ver la importancia que tiene aplicar normas y medidas que permitan mejorar su eficiencia energética y poner en marcha un sistema cien por cien renovable”. [4]



#### 1.4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.

La demanda energética ha ido creciendo en las últimas décadas, a pesar de haberse producido cuatro crisis económicas-energéticas (1973,1979,1993,2008) a nivel mundial en los países desarrollados afectando en su economía y en su demanda energética.

Estos acontecimientos motivaron que en la década de los 70, estos países se reunieran para firmar acuerdos y tratados en los que se reflejasen nuevas políticas de dependencia energética y de esta forma, aumentar y mejorar la eficiencia energética. Los tratados más importantes se exponen a continuación:

- El informe de Brundlan, fue elaborado 1987 por distintas naciones para la ONU. Fue el primer informe se enfrentó y contrastó la postura del desarrollo económico con la de la sostenibilidad ambiental. Su propósito fue analizar, criticar y replantear las políticas de desarrollo de la globalización, incluyendo un término nuevo como “desarrollo sostenible”.
- La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se adoptó en 1992, entró en vigor en 1994 y fue ratificada por 195 países. En esta Convención se reconoció la existencia del cambio climático, se estableció un objetivo de estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero y se propuso un plazo suficiente para lograrlo, permitiendo que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático y prosiguiendo el desarrollo económico de manera sostenible.
- En la Cumbre de la Tierra, Río de Janeiro, en 1992, se trataron temas como la producción de componentes tóxicos (plomo) en la gasolina, fuentes alternativas de energía para el uso de combustibles fósiles, apoyo al transporte público y la creciente escasez de agua, entre otros. Los principales logros de esta Cumbre fueron el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Convención Marco sobre el Cambio Climático.
- La Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible celebrada en Johannesburgo en 2002, en la que se trataron temas como la erradicación de la pobreza, agua y saneamiento, producción y consumos sostenibles, energía, productos químicos, gestión de los recursos naturales, responsabilidad corporativa entre otros.
- Conferencias anuales de la ONU, sobre el cambio climático, tales como la Conferencia de Copenhague (2009), Conferencia de México (2010) las cuales no fueron muy productivas.
- La Conferencia de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, en 2012, también conocida como Río 2012 o Río+20. Los objetivos de la conferencia fueron asegurar un renovado acuerdo político en desarrollo sostenible, evaluar los progresos y brechas en la implementación de los acuerdos realizados y abordar los retos nuevos y emergentes en materia de economía verde.
- En 2014 el IPCC proporcionó una mayor claridad sobre el papel de la actividad humana en el papel del cambio climático con la publicación de su Quinto Informe de Evaluación. La conclusión de este fue clara: “el cambio climático es real y las actividades humanas son sus principales causantes.

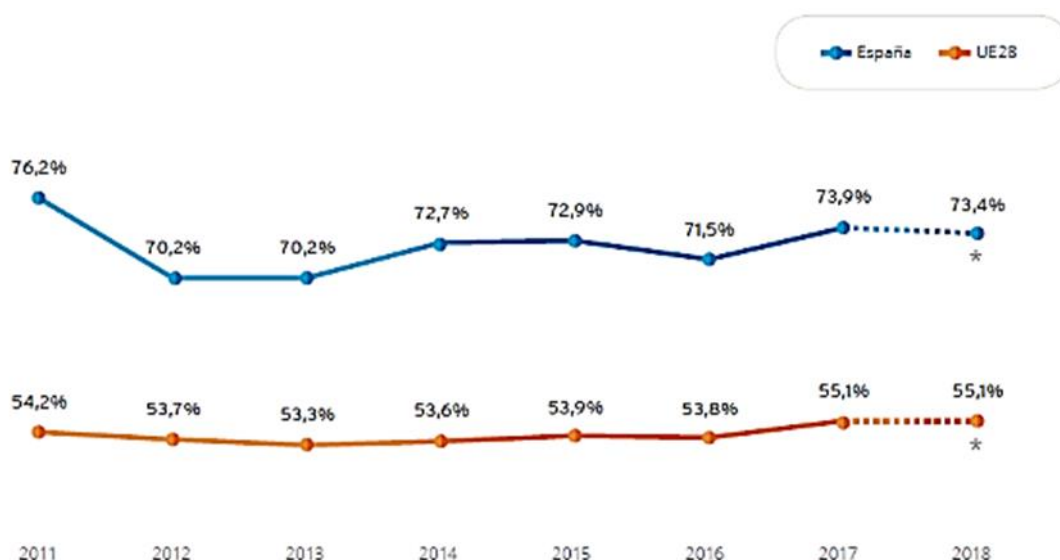
- Las conferencias sobre el cambio climático, más conocidas por sus siglas COP (Conference of the Parties), son las conferencias realizadas por los Estados Parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El principal objetivo de estas es evaluar la implementación de la Convención, así como adoptar nuevos acuerdos que permitan avanzar en la lucha contra el cambio climático. La primera de estas conferencias se celebró en 1995 en Berlín, y desde entonces se celebra una vez al año.
- El IPCC publicó un informe que concluía que el clima ya había comenzado a cambiar a causa de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por esta razón, en la tercera convención celebrada en Kioto, en 1997, 150 países firmaron el Protocolo de Kioto. Este traducía lo dispuesto en las Convenciones en un acuerdo vinculante donde los Estados miembros se comprometían a reducir sus emisiones. Entró en vigor en febrero de 2005, por el cual se estableció una reducción de al menos un 5% por debajo de los niveles de 1990 en el periodo 2008-2012 para los países industrializados y economías en transición.
- A pesar de que algunos países sí han cumplido con los requisitos del Protocolo de Kioto, la mayoría, principalmente economías emergentes, han incrementado sus emisiones. En la COP21, celebrada en París, 195 países firmaron el Acuerdo de París. Este acuerdo tiene como principal objetivo mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de los 2 °C, y limitar el aumento a 1,5 °C sobre los niveles preindustriales. El Acuerdo reúne a casi todos los países del mundo, pero en noviembre del 2019, el presidente de los EE. UU. inició los trámites para su retirada, esta se hará efectiva en noviembre de este mismo año.
- En Madrid del 2019 se celebró la COP25, tuvo como lema “Tiempos de actuar”. Los avances en esta reunión fueron escasos, ya que grandes emisores de CO<sub>2</sub>, como Estados Unidos, China e India, se mostraron poco comprometidos con la causa.
- Debido a la crisis del coronavirus, que se atraviesa actualmente, la COP26, que iba a ser celebrada en Glasgow en noviembre del 2020, ha sido aplazada hasta 2021.

Con estas cumbres, conferencias y protocolos se pretende concienciar y comprometer a los países más desarrollados a buscar soluciones para reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero. Sin embargo, según el artículo “*After 25 years of failure, we should abandon the UNFCCC*” publicado por el *Climate Change News* estas cumbres no son lo suficientemente efectivas debido a que se ha pasado de un Protocolo de Kioto legalmente vinculante a un Acuerdo de París voluntario. [5]

### 1.5. EVOLUCIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL ÁMBITO NACIONAL.

En toda su historia, España se ha caracterizado por su gran dependencia energética de los combustibles fósiles, registrando su máximo histórico en el año 2008, cuando se alcanzó el 81,3%. Con el transcurso de los años y gracias a la generación de energías renovables, esta dependencia disminuyó de forma progresiva hasta 2012-2013, reduciéndose la

dependencia hasta el 70,2%. Con motivo de la moratoria renovable, esta disminución se interrumpió, manteniéndose alrededor del 73% en los años siguientes, a excepción de 2016. En 2017, debido a la escasez de lluvias y como posterior consecuencia de una fuerte sequía, la dependencia energética se incrementó hasta el 73,9%, valor que se ha reducido levemente en 2018, con una cifra de 73,4%. En la actualidad y pese a la evolución creciente de las energías renovables, la dependencia energética del país continúa siendo elevada, aproximadamente un 73%.



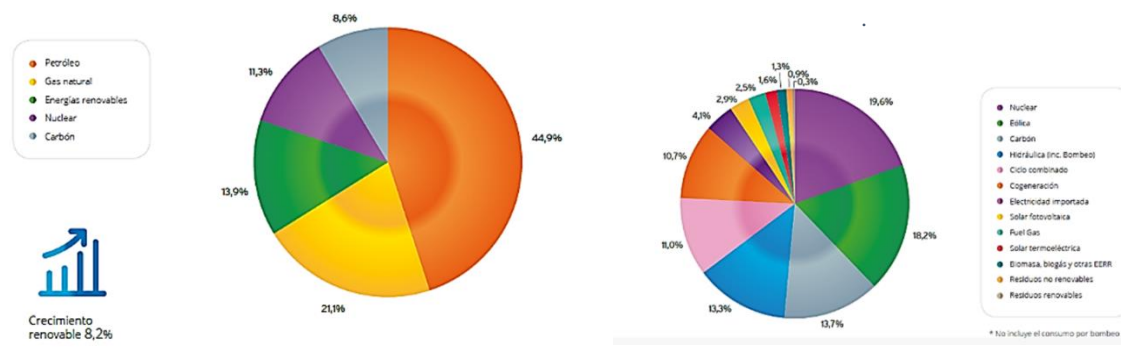
Gráfica 1-11: Dependencia energética en España. Fuente: APPA Renovables.

Tal y como indica la Gráfica 1-11, nuestro país se encuentra aproximadamente veinte puntos porcentuales por encima de la media de todos los países que conforman la Unión Europea, registrándose el máximo valor de los últimos años, un 55,1% en 2017.[6]

El consumo de energía primaria en España en 2018 provenía mayoritariamente del petróleo (44,9%), gas natural (21,1%) y del carbón (8%). Cabe destacar, que estos datos complican el cumplimiento de los compromisos asumidos por España con la Unión Europea, la cual estipula que el consumo final bruto de energía debe proceder de un 20% de fuentes renovables en 2020 y que el consumo de energía en el transporte sea al menos del 10%. Mas difícil será cumplir el compromiso de alcanzar el 27% de renovables en 2030.

El consumo de las energías renovables ha aumentado un 8,2% en 2018, alcanzando el 13,9% del total de energía primaria, Gráfica 1-13. Por consiguiente, el 37,6% de la demanda eléctrica peninsular fue cubierta por las tecnologías renovables, lo que supuso un incremento del 5,7% con respecto al 31,9% en 2017. Con similitud de los años anteriores fue la eólica con un 18,2% la que mayor demanda nacional cubrió, seguido de la hidráulica 13,3%, la solar fotovoltaica con un 2,9% y la solar fotovoltaica con el 1,6%. El restante 1,6% fue aportada por la biomasa, el biogás, la hidroeléctrica y las energías marinas Gráfica 1-12.





Gráfica 1-12: Consumo de energía primaria en España.  
Fuente: APPA Renovables.

Gráfica 1-13: Cobertura de la demanda de energía eléctrica. Fuente: APPA Renovables.

Ante estas circunstancias, el Gobierno español puso en marcha tanto el Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 como el Plan de Energías Renovables 2011-2020. [7]

El Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, propuso 41 medidas, divididas de tal modo que: 3 medidas para la Industria, 15 medidas para el Transporte, 4 medidas para los Servicios Públicos, 6 medidas para la Agricultura y Pesca, 5 medidas para la Transformación de la Energía y por último 7 medidas para la Edificación y Equipamiento que son las que nos atañen para la realización de este trabajo.[8]

Las medidas en Edificación y Equipamiento recogidas fueron las siguientes:

- A. **Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes:** Fomenta la rehabilitación energética de la envolvente térmica con el fin de que cumplan y mejoren las exigencias mínimas fijadas en Código Técnico de la Edificación reduciendo el consumo de energía en calefacción y refrigeración. Para ello se podrá actuar con soluciones convencionales (fachadas, cubiertas, carpinterías exteriores, vidrio y protecciones solares) y con soluciones constructivas (muros Trombe, muros parietodinámicos, invernaderos adosados, sistemas de sombreado, ventilación natural, etc.)
- B. **Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes:** Reducción del consumo de instalaciones térmicas tales como calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria. Como por ejemplo, sustitución de equipos de producción de calor y frío por otros de alta eficiencia energética, sustitución de equipos de movimiento de los fluidos caloportadores por otros de alta eficiencia, sistemas de enfriamiento gratuito por aire exterior y de recuperación de calor del aire de extracción, sistemas de control y regulación de equipos, integración de los subsistemas térmicos en un sistema

- domótica, las nuevas instalaciones de sistemas centralizados de calefacción y refrigeración urbana, etc.
- C. Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior en los edificios existentes:** Reducir el consumo de energía de las instalaciones de iluminación interior existentes. Algunos ejemplos pueden ser, la sustitución de luminarias, lámparas y equipos por otros de mayor eficiencia y regulables de potencia, sistemas de control local o remoto de encendido y regulación de nivel de iluminación, cambio de sistemas de iluminación y reubicación, implantación de sistemas de monitorización que permitan conocer en todo momento las condiciones de confort.
- D. Construcción de nuevos edificios y rehabilitación integral de existentes con alta calidad energética:** Reducir el consumo de energía mediante la promoción de edificios de nueva construcción y rehabilitación de los existentes, con alta calificación energética. Será necesario alcanzar la calificación energética de clase A o B, cumpliendo con la legislación establecida, para ello el cálculo de la eficiencia energética se realizará mediante el programa CALENER u otro oficial.
- E. Construcción o rehabilitación de edificios de consumo de energía casi nulo:** El edificio de consumo de energía casi nulo se define como aquel edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto; la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía de fuentes renovables.
- F. Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de frío comercial:** Fomentar la mejora de la eficiencia en las instalaciones de frío tales como las destinadas al mantenimiento, dentro de los límites de temperatura prescritos, de los diferentes comestibles refrigerados o congelados en su interior. Se podrán realizar actuaciones sobre la central de frío (sustitución de condensadores, circuitos refrigerantes, etc.), instalación de variadores de frecuencia en compresor, instalación de tecnologías de condensación y evaporación flotante, instalaciones de sistemas de control programables, recuperadores de calor de condensación, etc.
- G. Mejora de la eficiencia energética del parque de electrodomésticos:** Reducción del consumo de los electrométricos y sus sustituciones por otros de mayor calidad de eficiencia. El parque de electrométricos incluye los frigoríficos, frigoríficos-congeladores, congeladores, lavadoras y lavavajillas.

## 2. OBJETIVOS.

Según cálculos de los propios profesionales del sector, en concreto de la Asociación Nacional de Distribuidores de Cerámica y Materiales de Construcción (Andimac), el parque de viviendas español envejece a un alto ritmo, aproximadamente un 3,3 % anual, provocando que más del 80% de las viviendas españolas tengan más de 18 años y cerca de la mitad superan ya los 40 años de antigüedad. Además, se calcula que en torno al 99 % de las viviendas españolas sufren pérdidas de calor debido a la escasa eficiencia energética.

Estos datos altamente desfavorables energéticamente, provoca que las viviendas españolas no estén adaptadas a las exigencias mínimas marcadas en el Código Técnico de la Edificación.

La situación actual es inadmisibile y por tanto es nuestro deber aunar todas las tecnologías posibles para hacerla lo más sostenible posible, siendo la eficiencia energética un pilar fundamental para ello. La **eficiencia energética**, no es más que, usar la menor cantidad posible de energía (ya sea eléctrica, gasóleo, gas, etc..) para conseguir la máxima satisfacción de nuestras necesidades de luz, calor o frio, en definitiva, comodidad.

El objetivo principal, de este trabajo, es **analizar energéticamente** una vivienda unifamiliar, dicha vivienda pertenece a una urbanización situada en Cartes, Cantabria. Para realizar este análisis hemos recorrido a la herramienta de calificación energética Calener. Este programa nos permite la definición detallada de la vivienda y su funcionamiento.

Dicho análisis incluirá:

- Envolvente térmica, cerramientos y particiones interiores.
- Instalación de climatización, iluminación y calefacción.
- Agua caliente sanitaria.

Una vez obtenido los datos de la calificación se determinarán una serie de propuestas para **conseguir la mayor eficiencia posible**. Estas serán desarrolladas y diseñadas ajustándose a la vivienda en cuestión. Tras esto, se realizará de nuevo el análisis energético, comprobando así, que las medidas adoptadas, han sido adecuadas.

La eficiencia energética, como bien hemos mencionado anteriormente, es fundamental para conseguir un mundo más sostenible. La razón de esto es que la fabricación de energías, además de resultar caro conlleva un gran impacto sobre nuestro planeta. Cuanto mayor responsabilidad tengamos en su uso, no solo estaremos ayudando a la **economía** del consumidor, sino que estaremos ayudando de forma indirecta al **medio ambiente**.

Por lo que para finalizar realizaremos un **análisis técnico y económico** y estudiaremos la **rentabilidad** de este proyecto. Con este estudio seremos capaces de conocer en cuanto tiempo amortizaremos dicha inversión y el ahorro económico que supondrá la reducción del coste procedente del consumo de las diferentes energías.

Aunque creamos que la eficiencia energética es un concepto nuevo, la verdad es, que es una práctica que se lleva desarrollando mucho tiempo, entrando las primeras normativas

tras la Crisis del petróleo de 1973. Si es cierto que han sufrido un gran impulso a raíz de combatir contra el cambio climático

## 3. MARCO LEGAL.

Es importante conocer cómo ha ido evolucionando la eficiencia energética de los edificios en Europa y además como España ha ido adoptando en los últimos años, en especial en el 2014, medidas importantes para conseguir cumplir los objetivos marcados por la Directiva Europea de Eficiencia Energética.

La **Directiva de eficiencia energética en edificios** (EPBD: Energy Performance of Buildings Directive) es la principal norma europea que regula el cumplimiento de los objetivos de la UE respecto a la edificación, centrándose en frenar las emisiones de gases de efecto invernadero, reducir el consumo energético y aumentar tanto la eficiencia energética como la generación de energía a partir de fuentes renovables.

Con la **Directiva 93/76/CEE relativa a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficiencia energética** comenzó la preocupación en Europa por reducir los gases de efecto invernadero y, por consiguiente, la necesidad de mejorar la eficiencia energética en los edificios.

En España, en 1980, se implantó la aplicación de **NBE CT-79** norma básica de condiciones térmicas en los edificios, fue la primera normativa española que exigía la colocación de aislamiento térmico. Ese mismo año, con el (RICCA), Reglamento de **Instalaciones de Calefacción, Climatización y ACS** (agua caliente sanitaria) fue la primera normativa de regulación de las instalaciones térmicas de los edificios.

La **Directiva SAVE 76/93** de 1993, era una directiva europea que propulso la certificación energética de viviendas, la cual más tarde, en 1998 fue derogada por el **Reglamento de Instalaciones Técnicas de Edificios RITE 1751/1998**. Además, se crea el primer software **Calener** basado en la Directiva SAVE.

En el año 2002 en Europa nació la **Directiva Europea 2002/91/CE de eficiencia energética en edificios**, a la que se la dio a los países miembros un plazo máximo de cuatro años para adaptarla a su situación. En el caso de España, no es hasta el 2016 cuando transpuso la directiva a través del **Documento Básico de Ahorro de Energía (HE)** del Código Técnico de la Edificación aprobada en marzo.

El **Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE** del CTE 2006, estableció los objetivos de reducir la demanda de energía, mejorar la eficiencia energética de las instalaciones térmicas e iluminación, además de la aportación de un mínimo de energías renovables para la producción eléctrica y de ACS. Se introdujo una mejora de 25%-30% en la demanda de energía.

Sin embargo, no fue hasta el año 2007 cuando se aprobó en España el **Real Decreto 47/2007**, que era un procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

En el año 2010, la anterior EPBD se refunde en la **Directiva 2010/31/UE de eficiencia energética en edificios**, en la cual se introdujeron metodologías comparativas para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios e introduciendo por primera vez el concepto de Edificios de

Consumo Energético Casi Nulo<sup>1</sup>. Por otra parte, se crea el Certificado de Eficiencia Energética y se regulan las inspecciones para calderas y aire acondicionado.

En noviembre de 2012 Europa publica una nueva **Directiva 2012/27/UE** relativa a la eficiencia energética de los edificios. Esta directiva, complementa a la Directiva de 2010, en lo referente a la función ejemplarizante de los edificios de los organismos públicos e intenta alcanzar el objetivo propuesto del 20% de ahorro de energía, dentro del Plan 20/20/20 de lucha contra el cambio climático.

En junio de 2013 se aprueba el **Real Decreto 235/2013 sobre Certificación Energética de Edificios Existentes**. También ese mismo año, mediante el **Real Decreto 233/2013**, se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación de edificios, la regeneración y la renovación urbana. Mediante la **Ley 8/2013** se contempló la transformación de la inspección técnica de edificios (ITE) en el Informe de Evaluación del Edificio (IEE). Finalmente, se reconoció la herramienta **CERMA** para la certificación de edificios existentes y nuevos.

En marzo de 2014, entro en vigor un nuevo DB-HE del CTE, el cual estableció unos valores más exigentes en la transmitancia térmica de la fachada. A continuación, en julio de 2014, se publicó en el BOE el Real Decreto Ley 8/2014 de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia. Cabe destacar, que una de las principales medidas fue la obligación de instalar contadores de consumo individual para el suministro de calefacción, refrigeración o ACS. [9]

En cuanto a la legislación actual, el 19 de junio de 2018 se publicó la **Directiva Europea sobre eficiencia energética en los edificios 2018/844/UE** que modifica a las anteriores directivas mencionadas. Mediante este decreto, la Unión Europea se compromete a garantizar un sistema energético sostenible, competitivo, seguro y descarbonizado. La Unión de la Energía y el Marco de Actuación en Materia de Clima y Energía establecen compromisos ambiciosos, donde para 2030, las emisiones de gases de efecto invernadero sean un 40% menores, en base al año 1990, aumentar la proporción de energía renovable consumida y conseguir un ahorro energético.

Introduce, a la Directiva 2010/31/UE, el uso de sistemas de automatización y control de edificios que apoyen al funcionamiento eficiente del sistema energético. Se incorpora el uso de instalaciones de calefacción donde exista un tratamiento de aire interior mediante el cual se incremente la temperatura. También generadores de calor, para generar calor útil mediante a) la combustión de combustibles, b) efecto Joule en los elementos calefactores de un sistema de calefacción por resistencia eléctrica, c) a captura de calor del aire ambiente, del aire extraído de un sistema de ventilación o del agua o de la tierra utilizando una bomba de calor. [10]

Respecto a nuevas edificaciones y reformas de edificios, se modifican los siguientes artículos:

Artículo 6: los estados miembros velarán por la viabilidad técnica, medioambiental y económico, antes de la construcción de **nuevos edificios**, siempre y cuando esto sea posible.

<sup>1</sup> Edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, cuya cantidad nula o muy baja de energía requerida debe estar cubierta, en su mayoría, por energía procedente de fuentes renovables.

Artículo 7: Los Estados miembros deberán fomentar, en relación con los edificios sujetos a **reformas importantes**, instalaciones alternativas de alta eficiencia, siempre que ello sea técnica, funcional y económicamente viable (condiciones climáticas interiores saludables, la seguridad contra incendios y los riesgos relacionados con una intensa actividad sísmica).

En el año 2019, se sacó una nueva versión del DB-HE y la actual, conforme a las disposiciones transitorias del **Real Decreto 732/2019**, cuyo objetivo es establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir el requisito básico de ahorro de energía. Estas reglas y procedimientos vienen recogidas en diferentes secciones:[11]

- DB-HE/0: Limitación del consumo energético.
- DB-HE/1: Condiciones para el control de la demanda energética.
- DB-HE/2: Condiciones de las instalaciones térmicas.
- DB-HE/3: Condiciones de las instalaciones de iluminación.
- DB-HE/4: Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.
- DB-HE/5: Generación mínima de energía eléctrica.

#### 4. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS.

Para comenzar el estudio, se ha de localizar geográficamente la vivienda objeto, el clima por el que se ve afectada y orientación. Tras esto, se ha de definir geométricamente dicha vivienda, realizando mediciones de cada una de las estancias e identificando todos los elementos que jueguen un papel energético, tanto pasivos (cerramientos opacos, cerramientos semitransparentes, obstáculos en fachada, puentes térmicos etc.), como activos (tipo de caldera, radiadores, puntos de luz, tipo de luminarias, electrodomésticos, etc.).

Una vez definidas las estancias, se evaluará si se trata de una zona habitable o no habitable, acondicionable o no.

Una parte fundamental a la hora de realizar un estudio de eficiencia energética es realizar un estudio intensivo de los elementos constructivos que conforman la vivienda, destacando, el tipo de aislamiento utilizado para cada uno de los cerramientos. El coeficiente de conductividad térmica definirá la calidad del aislante, cuanto mayor sea este menor será su capacidad aislante. Esto supondría un incremento considerable en la demanda de calefacción de la vivienda, por ende, un mayor coste energético.

A continuación, se cuantifica la demanda energética y sus costes asociados. Se calcularán los flujos de energía, estos serán evaluados para identificar los puntos más sensibles donde existen pérdidas.

Para finalizar, una vez estudiada la situación actual, se valorarán posibles mejoras energéticas, que posteriormente serán evaluadas. Solo aquellas más viables en el proyecto serán implantadas.

Para la realización del estudio de la eficiencia energética en una vivienda unifamiliar, se han utilizado una serie de herramientas que se mencionaran a continuación:

- **AutoCAD**, gracias a ella hemos podido realizar la definición geométrica de los diferentes espacios que componen la vivienda, previo paso por la vivienda en cuestión para, a partir de un **metro laser** de alta precisión, capturar los datos de las medidas necesarias para realizar los planos en formato papel. Además, con esta herramienta se ejecutaron los diferentes esquemas de las instalaciones propuestas para implantar.
- **Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC)**, en su versión 1.0.1564.112 del 3 de marzo de 2017, para la definición constructiva y geométrica del edificio a analizar.

La finalidad de esta herramienta es, por un lado, verificar el cumplimiento de la normativa de Ahorro de Energía del CTE, por otro lado, emitir el certificado de eficiencia energética. Sin embargo, con HULC no se pueden verificar todos los casos definidos en las secciones correspondientes del DB HE.

Se pueden verificar los siguientes supuestos:

##### **DB HE0**

→ Edificios nuevos o ampliaciones de edificios existentes de uso residencial privado.

→ Edificios nuevos o ampliaciones de edificios existentes de otros usos.

##### **DB HE1**

→ Edificios nuevos o ampliaciones de existentes. Limitación de la demanda energética de edificios de uso residencial privado.



- Edificios nuevos o ampliaciones de existentes. Limitación de la demanda energética de edificios de otros usos.
- Limitación de la demanda energética del edificio cuando las obras de reforma supongan una renovación de más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio, o cuando se produzca un cambio de uso característico del edificio.
- **HVCAD**, para la realización de los planos de suelos radiante, apoyado con la herramienta mc4suit, todo esto apoyado en un previo calculo donde se determinó las zonas calefactables en la vivienda.

Datos administrativos | Datos generales | Fuentes de energía | Opciones generales del edificio

Definición del caso

**Verificación CTE-HE y Certificación de Eficiencia Energética**

☐ Edificio NUEVO

☐ Edificio EXISTENTE: Ampliación

☐ Edificio EXISTENTE: Intervención importante

☐ Edificio EXISTENTE: Cambio de uso característico

**Solo Certificación de Eficiencia Energética**

☒ Edificio EXISTENTE: Solo Certificación

Ilustración 4-2: Definición del caso de estudio en LIDER-CALENER.

## 5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA

### 5.1. EMPLAZAMIENTO.

El edificio en cuestión se trata de una vivienda unifamiliar de cuatro plantas, dicha vivienda pertenece a una urbanización, situada en Mijarajos, perteneciente al municipio de Cartes (Cantabria, España). Este municipio se encuentra situado en un terreno montañoso, a 110 metros de altitud sobre el nivel del mar.



Ilustración 5-3: Fuente: Wikipedia imágenes.

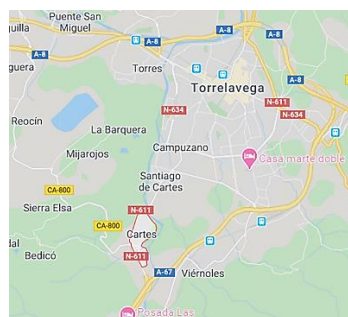


Ilustración 5-4: Localización del municipio.  
Fuente: Wikipedia imágenes.

La vivienda tiene un acceso por el vial privado de la urbanización que discurre por el lindero Norte del bosque. La entrada principal de la vivienda está ubicada en la calle la Fuente con las coordenadas siguientes 43°20'17.2"N 4°04'55.1"W.



*Ilustración 5-5: Vista aérea de la urbanización y Orientación.*

La vivienda cuenta con una extensión aproximada según los planos del catastro de unos 31,51 m<sup>2</sup> de sótano y 105,91 m<sup>2</sup> de las tres plantas, haciendo un total de 137,42 m<sup>2</sup> de superficie construida. La vivienda se encuentra orientada con un ángulo aproximado de 43° con respecto al norte y en sentido horario.

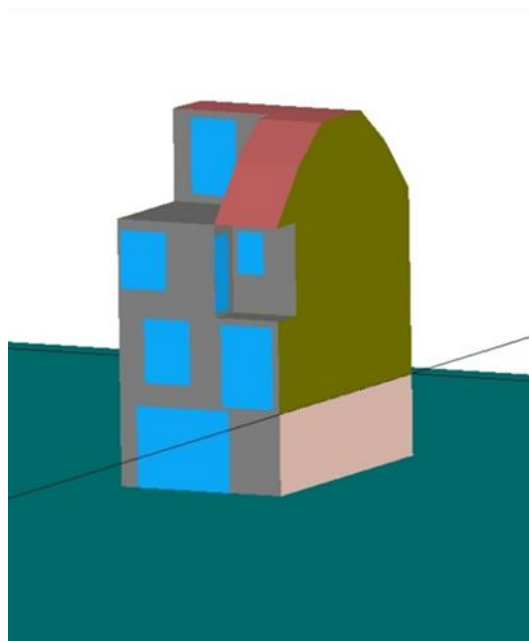


*Ilustración 5-6: Apariencia de la vivienda real construida.*

Sus límites son los siguientes, por el Norte linda con el vial de acceso a la urbanización, por el Sur con un muro de contención (la planta sótano) y con el exterior, y por último tanto por el Este y Oeste linda con dos viviendas, pertenecientes a dicha urbanización.



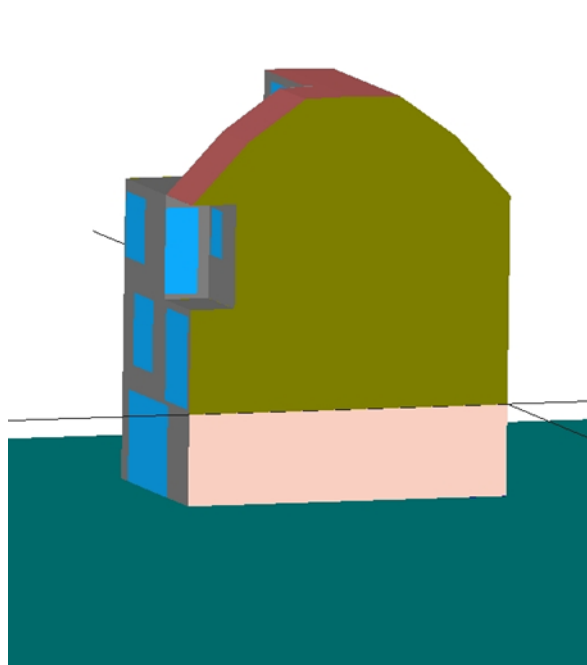
*Ilustración 5-7: Cara norte de la vivienda.*



*Ilustración 5-8: Cara norte de la vivienda (CALENER).*



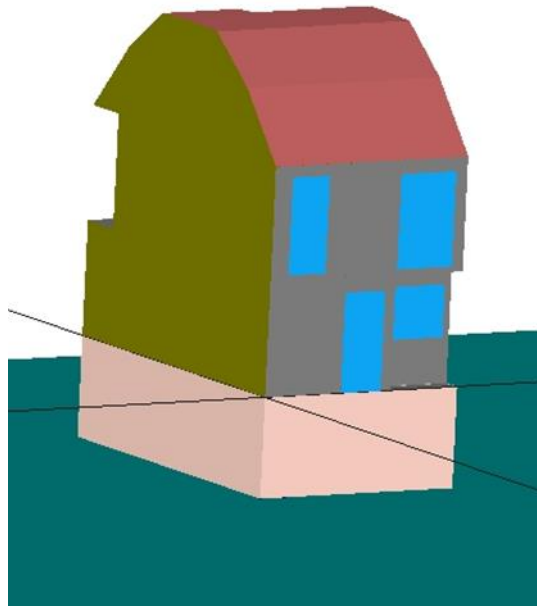
*Ilustración 5-9: Cara Este y Oeste.*



*Ilustración 5-10: Cara Este y Oeste (CALENER).*



*Ilustración 5-11: Cara sur de la vivienda.*



*Ilustración 5-12: Cara sur de la vivienda (CALENER).*

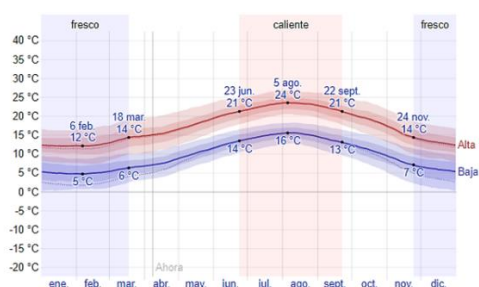
En las ilustraciones de la vivienda realizada en *CALENER*, se representa de color gris el muro exterior, de color rosa el muro contra terreno, de color rojo el tejado y finalmente de color azul tanto la puerta del garaje, la entrada y las ventanas.

### **5.2. ZONA CLIMÁTICA.**

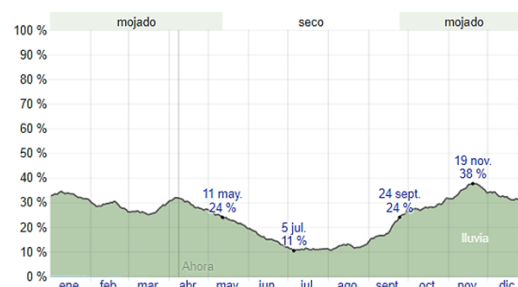
La vivienda objeto del estudio se encuentra en Cartes, a una cota respecto al nivel del mar de aproximadamente 40 metros.

Según Weatherspark, en Cartes, los veranos son cómodos y secos, mientras que los inviernos son largos, fríos, mojados y ventosos. Se encuentra parcialmente nublado durante todo el año. En el transcurso de este, la temperatura generalmente varía entre 5°C a 24°C y rara vez baja a menos de 0°C o sube a más de 27°C. La temporada más mojada dura 7,6 meses, del 24 de septiembre al 11 de mayo, con una probabilidad de más del 24%, de que cierto día, será un día mojado. Por el contrario, la temperatura más seca dura 4,4 meses, del 11 de mayo al 24 de septiembre.

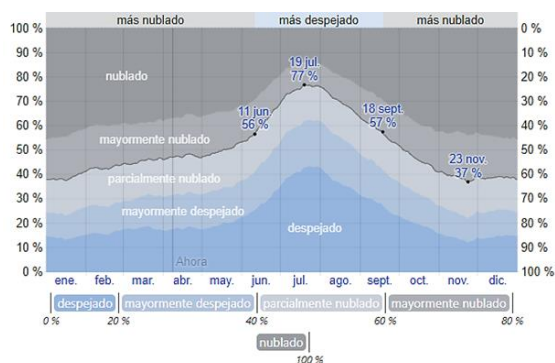




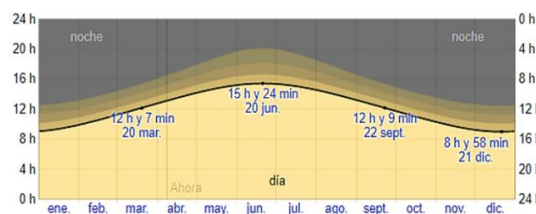
Gráfica 5-14: Temperaturas máximas y mínimas promedio. Fuente: <https://es.weatherspark.com/>.



Gráfica 5-15: Probabilidad diaria de precipitaciones. Fuente: <https://es.weatherspark.com/>.



Gráfica 5-16: Categorías de nubosidad. Fuente: <https://es.weatherspark.com/>.



Gráfica 5-17: Horas de luz natural y crepúsculo. Fuente: <https://es.weatherspark.com/>.

Aunando todos estos datos promedios de temperaturas, precipitaciones, nubosidad y sol, además de atendiendo a la “*tabla a del Anejo B*” correspondientes a las zonas climáticas recogidas en el *Documento Básico HE Ahorro de energía*, podemos determinar la zona climática a la que pertenece nuestra vivienda, en función de la provincia (Santander) y su altitud respecto al nivel del mar (aprox. 40 m).

Tabla 5-1: Zonas climáticas.

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																		
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m
Albacete																			
Alicante/Alacant																			
Almería																			
Araba/Álava																			
Asturias																			
Ávila																			
Badajoz																			
Balears, Illes																			
Barcelona																			
Bizkaia																			
Burgos																			
Cáceres																			
Cádiz																			
Cantabria																			
Castellón/Castelló																			
Ceuta																			
Ciudad Real																			
Córdoba																			
Coruña, A																			
Cuenca																			
Gipuzkoa																			
Girona																			
Granada																			
Guadalajara																			
Huelva																			
Huesca																			
J León																			
León																			
Lleida																			
Lugo																			
Madrid																			
Málaga																			
Melilla																			
Murcia																			
Navarra																			
Ourense																			
Palencia																			
Palmas, Las																			
Pontevedra																			
Rioja, La																			
Salamanca																			
Santa Cruz de Tenerife																			
Segovia																			
Sevilla																			
Soria																			
Tarragona																			
Teruel																			
Toledo																			
Valencia/València																			
Valladolid																			
Zamora																			
Zaragoza																			
Provincia	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m

Tal y como podemos observar en la tabla de zonas climáticas (ZC) y con los datos de partida podemos decir que nuestra vivienda pertenece a la ZC C1.

## 5.3. SUPERFICIES Y ALTURAS DE PLANTA.

Tiene una superficie construida total de 148,19 m<sup>2</sup>. Consta de cuatro plantas, denominadas, planta sótano, planta baja, planta primera y planta bajo cubierta, comunicadas entre sí por una escalera interior.

La planta sótano está destinada a garaje, teniendo una superficie construida de 42,03 m<sup>2</sup>. La planta baja, con una distribución propia para habitar, tiene una superficie construida de 41,23 m<sup>2</sup>. La planta primera, también con distribución para habitar, consta de una superficie construida de 40,84 m<sup>2</sup>. Por último, la planta bajo cubierta, igualmente distribuida para habitar tiene una superficie construida de 24,09 m<sup>2</sup>.

Los planos se adjuntan en el Anexo, Plano 1, Plano 2, Plano 3 y Plano 4.

Tabla 5-2: Cuadro de desglose de las superficies de la vivienda.

USO	SUP.UTIL (m <sup>2</sup> )	SUP.CONSTRUIDA (m <sup>2</sup> )	SUP.COMPUTABLE (m <sup>2</sup> ) (h>1,5 m)
TOTAL SO+PB+PP+BC	121,16	148,19	144,68
<b>SOTANO</b>			
GARAJE	31,05		31,05
ESCALERA	4,93		4,93
TOTAL SO	35,98	42,03	42,03
<b>PLANTA BAJA</b>			
BAÑO 1	2,5		2,5
COCINA	6,51		6,51
DISTRIBUIDOR	3,01		3,01
ESCALERA	4,22		4,22
HALL	2,14		2,14
SALON-COMEDOR	16,09		16,09
TOTAL PB	34,47	41,23	41,23
<b>PRIMERA PLANTA</b>			
BAÑO 2	3,6		3,6
DISTRIBUIDOR	4,29		4,29
DORMITORIO 1	11,33		11,33
DORMITORIO 2	10,23		10,23
TERRAZA	0,94		0,94
TOTAL PP	30,39	40,84	40,84
<b>PLANTA BAJOCUBIERTA</b>			
BAÑO 3	3,42		
DORMITORIO 3	13,39		
TERRAZA	3,51		
TOTAL BC	20,32	24,09	20,58

Tabla 5-3: Cuadro de alturas de la planta bajo cubierta.

<b>PLANTA BAJO CUBIERTA</b>		
USO	ALTURA (m)	SUP.UTIL (m <sup>2</sup> )
BAÑO 1	H> 2,50	7,52
	H> 1,50	13,39
DORMITORIO 3	H> 2,20	1,51
	H> 1,50	3,42

Todas estas superficies se han definido anteriormente en una serie de planos de cada una de las plantas del edificio, que posteriormente, mediante la herramienta *LIDER-CALENER*, se ha realizado la vivienda unifamiliar de forma simplificada, para el estudio de la eficiencia energética.





### 5.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS DE LA VIVIENDA.

En primer lugar, la vivienda la dividiremos en dos partes, la primera bajo rasante (cota menor que 0) y la segunda sobre rasante (cota mayor que 0). En segundo lugar, atendiendo de nuevo al *Documento Básico HE Ahorro de energía*, clasificaremos los espacios en espacio habitables como aquel espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo energético. Además, de espacio no habitable, espacio formado por uno o varios recintos no habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes, agrupados a efectos de cálculo de la demanda energética.

Dentro del espacio habitable, tenemos tanto espacio habitable acondicionado como no acondicionado.

En nuestro caso, todos los espacios habitables, excepto el garaje, serán acondicionados, debido a que será necesario mantener unas determinadas condiciones operacionales para el bienestar térmico de sus ocupantes.

SOBRE RASANTE		3 plantas de uso residencial, con todos sus espacios habitables acondicionados (habitaciones, cocina, baños, pasillos, etc.).
BAJO RASANTE		Planta sótano -1, utilizada en la mayoría de la totalidad del espacio como garaje y el resto como un pequeño taller. Espacio habitable, no acondicionado.

## 6. ANALISIS ENERGÉTICO DE LA VIVIENDA.

### 6.1. ENVOLVENTES, CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES.

Para comenzar el análisis de eficiencia energética, se procederá a la realización de una descripción general de los parámetros de la vivienda que determinan las secciones constructivas y los diferentes sistemas que compongan la vivienda. Para ello, estos datos se han tomado de un proyecto de una vivienda también unifamiliar similar a esta, al no disponer de ellos. La vivienda en cuestión fue construida en 2010 y en la misma zona climática, por lo que ambas viviendas se pueden decir que son similares.

De acuerdo con el *Documento Básico HE de Ahorro de Energía en el Anejo C*, se definirá como envolvente térmica a la compuesta por todos los cerramientos y particiones interiores, incluyendo puentes térmicos, que delimitan todos los espacios habitables del edificio o parte del edificio.

#### 6.1.1. Transmitancias térmicas.

De acuerdo con el *Documento Básico DB Ahorro de energía*, la transmitancia térmica ( $U$ ) se define como flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera. Este parámetro se mide en  $W/m^2K$ , unidades del sistema internacional.

El programa de LIDER-CALENER utiliza los valores límite de las transmitancias térmicas de cada una de las envolventes definidas en función de la zona climática en cuestión para determinar la demanda energética del edificio de referencia y de esta forma compárala con el edificio objeto del estudio.

Tabla 6-4: Valores límite de transmitancia térmica,  $U_{lim}$  [ $W/m^2K$ ]. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.

Elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior ( $U_s$ , $U_w$ )	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior ( $U_c$ )	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno ( $U_{tr}$ ) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica ( $U_{m0}$ )	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) ( $U_{H1}$ )*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%	5,7					

\*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de  $U_{H1}$  en un 50%.

Una vez definidos las transmitancias límites de los diferentes cerramientos, tal y como se indica en el *Documento Básico DB Ahorro de energía*, compararemos si estas cumplen con la legislación, viéndose representada en la siguiente *Tabla 6-5*.

Como podemos apreciar, a continuación, en algunos casos los valores de las transmitancias térmicas del proyecto son superiores a los valores límites que propone la normativa, esto se debe a que se trata de la normativa más reciente (noviembre del 2019)

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

y la vivienda objeto de estudio es una construcción del 2012. Estos valores límites deberán ser cumplidos en construcciones y rehabilitaciones de instalaciones recientes. Este cumplimiento permitirá que las viviendas mejoren su confort térmico de los residentes y por tanto, su eficiencia energética.

Tabla 6-5: Comparación entre los valores de U de nuestro proyecto frente a la normativa.

TIPO DE ENVOLVENTE	NOMBRE EN CALENER	DESCRIPCIÓN	U (W/m <sup>2</sup> K)	
			NORMATIVA MAXIMA	PROYECTO
FACHADA	MURO EXTERIOR	Fachada de ladrillo metrico o catalan hacia el exterior	0,49	0,49
CUBIERTA	CUBIERTA	Cubierta inclinada de azulejo cerámico	0,4	0,38
SUELOS	FORJADO INTERIOR	Forjado entre plantas de azulejo cerámico	No aplica	0,6
MURO	FORJADO TERRENO	Forjado entre garaje y terreno de azulejo cerámico	0,7	1,02
TABIQUE	TABIQUE	Separación vertical entre espacios de enlucido de yeso	0,7	2,45
MEDIANERA	MEDIANERA	Separacion vertical con viviendas adyacentes de ladrillo metrico o catalan	0,7	1,01

El cálculo de las transmitancias térmicas del proyecto será realizado en el siguiente capítulo.

### 6.1.1.1. Cerramientos opacos

#### Cerramientos en contacto con el aire exterior

Tabla 6-6: Listado de materiales utilizados y sus características.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD( $\lambda$ =W/mK)	DENSIDAD ( d=Kg/m3)	Cp (J/KgK)
Azulejo cerámico	1,3	2300	840
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco /enlucido[ 1000<d<1250]	0,55	1125	1000
Tabicon de LH doble [60mm<E<90mm]	0,432	930	1000
EPS Poliestireno expandido[0,037W/mK]	0,038	30	1000
Hormigon en masa [2000<d<2300]	1,65	2150	1000
Enlucido de yeso [1000<d<1300]	0,57	1150	1000
Hormigon armado [2300<d<2500]	2,3	2400	1000
Tierra vegetal [d<2050]	0,52	2000	1840
1/2 pie LM metrico o catalán [40mm<G<50mm]	0,991	2170	1000

En la tabla anterior, se pueden ver los diferentes materiales que constituyen la vivienda. Materiales dados por *LIDER CALENER*, que hay que definir con anterioridad a la construcción geométrica de la vivienda. Cada uno de los materiales tiene diferentes características en lo que, a conductividad, densidad, y calor específico se refiere. Estos materiales fueron previamente elegidos para que fuesen los más representativos de la vivienda. Estos están recogidos en el *Catálogo de Elementos Constructivos (CEC) del Código Técnico de la Edificación*, se trata de una herramienta, ofrecida a los proyectistas por el Ministerio de Fomento, para cumplir con los requisitos del *Código Técnico de la Edificación (CTE)*. Cabe destacar, que el número de materiales es limitado y que de introducir uno que no esté en él, deberá ser justificado.

A la hora de calcular la conductividad térmica de los cerramientos opacos, la metodología siguiente solo será válida para aquellos que se encuentren en contacto con el exterior, muros de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con aire exterior.

La conductividad térmica viene dada por:

$$U = \frac{1}{R_t} [m^2 K/W] \quad (1)$$

Siendo  $R_t$  la resistencia térmica total del componente constructivo.

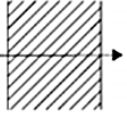
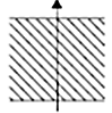
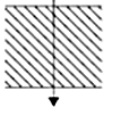
$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (2)$$

Donde,

$R_1, R_2, R_n$ : Resistencias térmicas de cada capa del cerramiento opaco.

$R_{si}, R_{se}$ : Resistencia térmica superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, recogidas en la siguiente tabla.

Tabla 6-7: Resistencias térmicas superficiales. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		$R_{se}$	$R_{si}$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Por otro lado, la resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda} \text{ siendo, } (3)$$

$e$ : el espesor de la capa.

$\lambda$ : la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa.

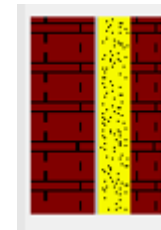
## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Con respecto a la definición constructiva de los cerramientos opacos, la herramienta *LIDER-CALENER*, propone introducirlos de la siguiente forma:

- Cerramientos exteriores: Se introduce primero el material en contacto con el exterior o el terreno y después el resto.
- Cerramientos internos: En los tabiques, se introduce primero el material que se encuentra en contacto con el espacio contiguo, hasta llegar al material en contacto con el espacio en sí.

Tabla 6-8: Datos del muro exterior.

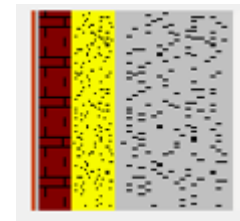
Nº	MATERIAL	ESPEJOR	CONDUCTIVIDAD
1	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm<G<50mm	0,115	0,991
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido [1000<d<1250]	0,01	0,55
3	EPS Poliestireno Expandido [ 0,037 W/[mK]	0,06	0,038
4	Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,06	0,432
5	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57



$$U=0.49\text{W/m}^2\text{K}$$

Tabla 6-9: Datos de la cubierta.

Nº	MATERIAL	ESPEJOR	CONDUCTIVIDAD
1	Azulejo cerámico	0,01	1,3
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido [1000<d<1250]	0,01	0,55
3	Tabicón de LH doble [60 mm<E<90mm]	0,06	0,432
4	EPS Poliestireno Expandido [ 0,037 W/[mK]	0,08	0,038
5	Hormigón en masa 2000<d<2300	0,21	1,65
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,02	0,57



$$U=0.38\text{ W/m}^2\text{K}$$

### Cerramientos en contacto con el terreno.

#### Suelo en contacto con el terreno.

Para este tipo de cerramientos el cálculo de la transmitancia  $U_s$  [W/m<sup>2</sup>K] consideramos diferentes casos:

- El CASO 1: incluye soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0.50m por debajo de este.
- El CASO 2: incluye soleras o losas con una profundidad superior a 0.5m respecto al nivel del terreno.

La vivienda en cuestión se encuentra dentro del CASO 1, donde la transmitancia térmica  $U_s$  se calcula por medio de la *Tabla 6-10* en función del ancho D de la banda del aislamiento que recorre el perímetro *Ilustración 6-13*, necesitamos también la resistencia

térmica de ese aislante  $R_a$ , la cual se calcula a través de la fórmula (3), y por último necesitaremos la longitud  $B'$  de la solera o losa.

La longitud característica  $B'$  se define como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro expuesto:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P} \quad (4)$$

Siendo,

$P$ = longitud del perímetro expuesto de la solera [m]

$A$ = área de la solera [m<sup>2</sup>]

Para trabajar con la *Tabla 6-10* se debe saber que, para soleras o losas sin aislamiento térmico, la transmitancia térmica  $U_s$  se toma la columna  $R_a=0$  en función de su  $B'$ . Por otro lado, para aquellas soleras o losas con un aislamiento continuo en toda su superficie se toman valores de la columna  $D \geq 1,5$ m.

La transmitancia térmica del primer metro de solera o losa se obtendrá de la fila  $B'=1$ , y así sucesivamente.

Tabla 6-10: Transmitancia térmica  $U_s$  [W/m<sup>2</sup>K]. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.

	$R_a$	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		$R_a$ [m <sup>2</sup> ·K/ W]					$R_a$ [m <sup>2</sup> ·K/ W]					$R_a$ [m <sup>2</sup> ·K/ W]				
$B'$	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

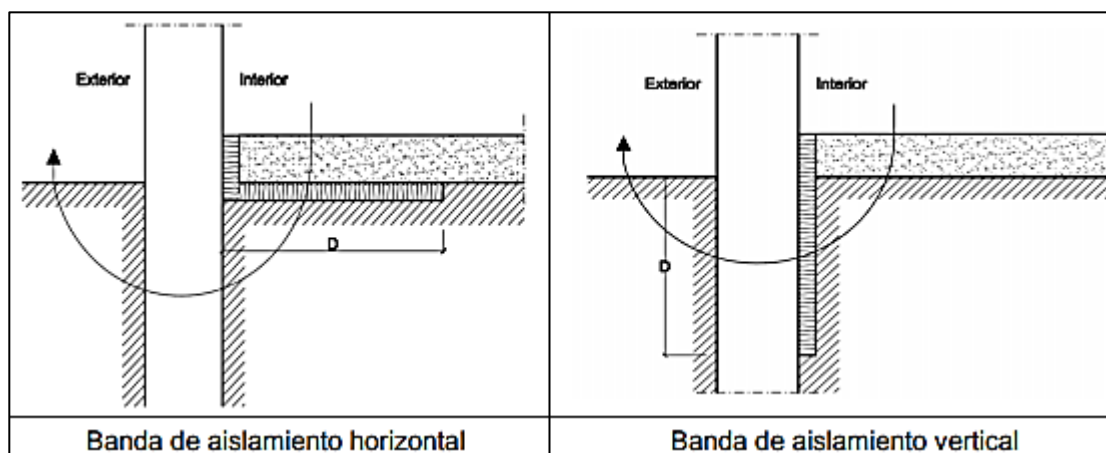
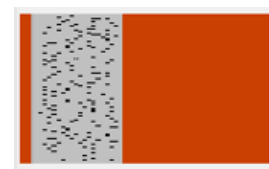


Ilustración 6-13: Tipos de soleras con aislamiento perimetral. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.

Tabla 6-11: Datos del forjado del terreno.

Nº	MATERIAL	ESPELOR	CONDUCTIVIDAD
1	Azulejo cerámico	0,03	1,3
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido [1000<d<1250]	0,01	0,55
3	Hormigón armado 2300<d<2500	0,21	2,3
4	Tierra vegetal [d<2050]	0,35	0,52



$$U=1.02 \text{ W/m}^2\text{K}$$

## Muros en contacto con el terreno.

La transmitancia térmica  $U_t$  [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ] de los muros o pantallas en contacto con el terreno se obtienen mediante el uso de la *Tabla 6-12* en función de su profundidad  $z$ , y de la resistencia térmica del muro  $R_m$ , ya calculada mediante la expresión (2) despreciando las resistencias térmicas superficiales.

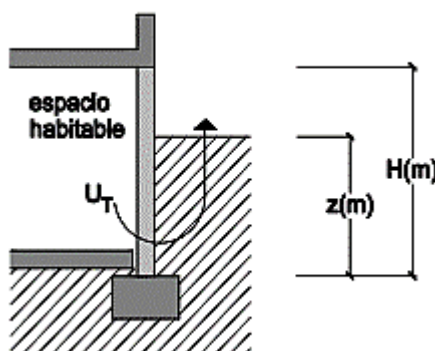


Ilustración 6-14: Esquema de un muro en contacto con el terreno. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.

Tabla 6-12: Transmitancia térmica de muros enterrados  $U_T$  [ $W/m^2K$ ]. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.

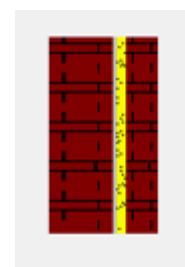
$R_m$ [ $m^2 K/W$ ]	Profundidad $z$ de la parte enterrada del muro [m]					
	0,5	1	2	3	4	$\geq 6$
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,10	2,29	1,74	1,22	0,97	0,81	0,62
0,20	1,84	1,45	1,06	0,85	0,72	0,56
0,30	1,55	1,25	0,93	0,76	0,65	0,51
0,40	1,33	1,10	0,84	0,69	0,60	0,47
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
0,60	1,05	0,90	0,71	0,59	0,52	0,42
0,70	0,95	0,82	0,66	0,56	0,49	0,39
0,80	0,87	0,76	0,61	0,52	0,46	0,38
0,90	0,80	0,70	0,58	0,49	0,44	0,36
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,10	0,69	0,61	0,51	0,45	0,40	0,33
1,20	0,64	0,58	0,49	0,42	0,38	0,32
1,30	0,60	0,55	0,46	0,41	0,36	0,30
1,40	0,57	0,52	0,44	0,39	0,35	0,29
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
1,60	0,51	0,47	0,40	0,36	0,32	0,28
1,70	0,49	0,45	0,39	0,35	0,31	0,27
1,80	0,46	0,43	0,37	0,33	0,30	0,26
1,90	0,44	0,41	0,36	0,32	0,29	0,25
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

### Particiones interiores con espacios habitables

Para las particiones interiores con espacios habitables, el cálculo de las transmitancias térmicas se realiza de la misma manera que en el apartado “Cerramiento en contacto con el aire exterior en la página 42”.

Tabla 6-13: Datos de las medianeras.

Nº	MATERIAL	ESPELOR	CONDUCTIVIDAD
1	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm<G<50mm	0,115	0,991
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido [1000<d<1250]	0,01	0,55
3	EPS Poliestireno Expandido [ 0,037 W/[mK]	0,02	0,038
4	Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,06	0,432
5	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57

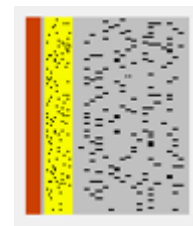


$$U=1.01 \text{ W/m}^2K$$



Tabla 6-14: Datos del forjado interior.

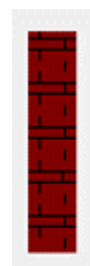
Nº	MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD
1	Azulejo cerámico	0,03	1,3
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido [1000<d<1250]	0,01	0,055
3	EPS Poliestireno Espandido [ 0,037 W/[mK]	0,05	0,038
4	Hormigón en masa 2000<d<2300	0,21	1,65
5	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57



$$U=0.60W/m^2K$$

Tabla 6-15: Datos de los tabiques.

Nº	MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD
1	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57
2	Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,08	0,432
3	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,02	0,57



$$U=2.45W/m^2K$$

## 6.1.1.2. Cerramientos Semitransparentes

### Huecos y lucernarios.

En el programa *LIDER-CALENER*, los cerramientos semitransparentes engloban tanto las puertas como las ventanas que se encuentran en la vivienda.

En el caso de la vivienda objeto de estudio, cuenta con una puerta de garaje metálica en la parte norte. En la fachada opuesta a la anterior, contamos con una puerta de madera, correspondiente a la puerta de acceso a la vivienda. Respecto a la planta baja se cuenta con tres ventanas, dos de ellas en la parte norte, correspondiente al salón-comedor y una en la cocina, cara sur. Por otro lado, en la primera planta se cuenta con cuatro ventanas, una de ellas en el dormitorio 2, cara sur, otra en el baño, cara norte y finalmente dos en el dormitorio 1, una de ellas en la cara norte y la otra, para el acceso al balcón, en el oeste. Finalmente, en la planta bajo cubierta, se cuenta con una ventana en la cara norte con acceso a la terraza. Cabe destacar que, sienten todas oscilobatientes, excepto una que se encuentra en la cara sur, todas ellas son de vidrio simple con rotura de puente térmico.

A la hora de introducir los cerramientos semitransparentes en el programa no solo hace falta indicar la composición de los marcos y vidrios, sino también indicar los siguientes parámetros con relación a las características de dichos elementos. Estos parámetros se definen a continuación de acuerdo con el *Documento Básico DB Ahorro de energía*.

**Absortividad ( $\alpha$ ):** fracción de la radiación solar incidente a una superficie que es absorbida por la misma. Puede tomar valores de 0,0 (0% de radiación absorbida) hasta 1,0 (100% de radiación absorbida).

**Factor solar ( $g_{\perp}$ ):** cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente. Se refiere exclusivamente a la parte semitransparente de un hueco.

**Permeabilidad ( $m^3 / h \cdot m^2$ ):** propiedad de una superficie (Por ejemplo, una ventana o puerta) de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una diferencia de presiones entre sus caras.

A continuación, podemos ver los diferentes parámetros característicos tanto de los vidrios como de los marcos en cuestión. Todos ellos recogidos en la base de datos del programa.

Tabla 6-16: Características de los vidrios.

GRUPO	NOMBRE	TRANSMITANCIA TÉRMICA	FACTOR SOLAR
Doble en posición vertical	HOR_DC_4-6-4	3,6	0,75
Doble en posición horizontal	HOR_DC_4-6-4	3,6	0,75
Monolíticos en posición vertical	VER_ML_331	5,6	0,85

Tabla 6-17: Características de los marcos.

GRUPO	NOMBRE	TRANSMITANCIA TÉRMICA	ABSORTIVIDAD
Metalico en posición horizontal	HOR_Normal sin rotura de puente térmico	7,2	0,7
De Madera en posición vertical	VER_Madera de densidad media alta	2,2	0,7
De PVC en posición vertical	VER_PVC dos cámaras	2,2	0,7

Para el cálculo de la transmitancia térmica de huecos (ventanas, lucernarios o puertas)  $U_H$  [ $W/m^2K$ ] se emplea como referencia la normal *UNE EN ISO 10077*.

$$U_H = \frac{A_{H,v}U_{H,v} + A_{H,m}U_{H,m} + l_v\psi_v + A_{H,p}U_{H,p} + l_p\psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

Siendo,

$U_H$  la transmitancia térmica del hueco (ventana, lucernario o puerta) [ $W/m^2 K$ ];

$U_{H,v}$  la transmitancia térmica del acristalamiento [ $W/m^2 K$ ];

$U_{H,m}$  la transmitancia térmica del marco [ $W/m^2 K$ ];

$U_{H,p}$  la transmitancia térmica de la zona con panel opaco o cajón de persiana [ $W/m^2 K$ ];

$\Psi_v$  la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento [ $W/mK$ ];

$\Psi_p$  la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos o cajón de persiana [ $W/mK$ ];

$A_{H,v}$  el área de la parte acristalada [ $m^2$ ];

$A_{H,m}$  el área del marco [ $m^2$ ];

$A_{H,p}$  el área de la parte con panel opaco o cajón de persiana [ $m^2$ ];

$l_v$  la longitud de contacto entre marco y acristalamiento [ $m$ ];

$l_p$  la longitud de contacto entre marco y paneles opacos o cajón de persiana [ $m$ ].

Los valores de las transmitancias térmicas lineales se pueden calcular o coger de la *Tabla 6-18*.

*Tabla 6-18: Transmitancia térmica lineal  $\psi_p$  y  $\psi_v$  en huecos\*. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.*

Material del marco	Acrilamiento o empanelado simple	Acrilamiento o empanelado doble o triple	Acrilamiento doble con baja emisividad o triple con dos capas de baja emisividad
Madera y plástico	0,00	0,06 / 0,05	0,08 / 0,06
Metálico con rotura de puente térmico	0,00	0,08 / 0,06	0,11 / 0,08
Metálico sin rotura de puente térmico	0,00	0,02 / 0,01	0,05 / 0,04
* Valores para elementos separadores convencionales y para elementos de prestaciones térmicas mejoradas.			

En el caso de paneles opacos o cajones de persianas con juntas más aislantes que el propio panel o cajón de persianas, se puede tomar  $\psi_p = 0$ .

A continuación, se muestran los resultados obtenidos con respecto a las transmitancias térmicas de cada uno de los huecos o lucernarios. Además, se indican las características más representativas de cada uno de ellos.

*Tabla 6-19: Características de la puerta del garaje.*

NOMBRE	PUERTA DEL GARAJE
Vidéo	Doble en posición horizontal
Marco	Metálicos en posición horizontal
% hueco cubierto por el marco	10
Permeabilidad del aire $m^3/hm^2$ a 100 Pa	50
U ( $W/m^2K$ )	3,96
Factor solar	0,75

Tabla 6-20: Características de la puerta de entrada a la vivienda.

NOMBRE	PUERTA DE MADERA
Vidreo	Dobles en posición vertical
Marco	De Madera en posición vertical
% hueco cubierto por el marco	15
Permeabilidad del aire $\text{m}^3/\text{hm}^2$ a 100 Pa	60
U ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )	3,39
Factor solar	0,75

Tabla 6-21: Características de las ventanas.

NOMBRE	VIDREO SIMPLE CON ROTURA DE PUENTE TERMICO
Vidreo	Monolíticos en posición vertical
Marco	De PVC en posición vertical
% hueco cubierto por el marco	10
Permeabilidad del aire $\text{m}^3/\text{hm}^2$ a 100 Pa	50
U ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )	5,26
Factor solar	0,85

### 6.1.1.3. Transmitancia de la energía solar de elementos semitransparentes.

#### Transmitancia total de energía solar del hueco

Tabla 6-22 :Transmitancia total de energía solar para diferentes tipos de vidrio. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.

Tipo	$g_{gl;n}$	$g_{gl;wi}$
<b>Vidrio sencillo</b>	0,85	0,77
<b>Vidrio doble</b>	0,75	0,68
<b>Vidrio doble bajo emisivo</b>	0,67	0,60
<b>Vidrio triple bajo emisivo</b>	0,50	0,45
<b>Doble ventana</b>	0,75	0,68

En esta tabla podemos ver representada la transmitancia total de energía solar en diferentes tipos de acristalamiento ( $g_{gl;wi}$ ). Teniendo en cuenta que los valores de la transmitancia total de energía solar del acristalamiento (sin dispositivo de sombra activo),  $g_{gl;wi}$ , se han obtenido a partir del valor de la transmitancia total de energía solar a incidencia normal,  $g_{gl;n}$  y un factor de corrección por dispersión del vidrio,  $F_w = 0,90$ . ( $g_{gl;wi} = F_w g_{gl;n}$ ). (Tabla B.22 del Anexo B de la UNE-EN ISO 52016-1).

#### Transmitancia total de energía solar del hueco con un dispositivo de sombra móvil

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

En caso de que, la vivienda cuente con una serie de dispositivos de sombra móviles, tales como persianas, toldos y cortinas, será necesario que en el programa *LIDER-CALENER*, se introduzca un factor de corrección solar en las ventanas que tengan este tipo de dispositivos.

La *Tabla 6-23* incluye la transmitancia total de energía solar de diversos acristalamientos tipo y diversos tipos de dispositivos de sombra móvil ( $g_{gl}; sh; wi$ ):

*Tabla 6-23: Transmitancia total de energía solar de huecos para distintos dispositivos de sombra móvil ( $g_{gl}; sh; wi$ ). Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.*

Factor de transmitancia solar del dispositivo de protección solar		Protección exterior				Protección interior			
		Factor de reflexión ( $p_{e,s}$ )				Factor de reflexión ( $p_{i,s}$ )			
$T_{e,s}$	Tipo de vidrio	blanco	pastel	oscuro	negro	blanco	pastel	oscuro	negro
0 (p.ej: persianas)	Vidrio sencillo	0,06	0,11	0,15	0,19	0,34	0,43	0,54	0,66
	Vidrio doble	0,05	0,08	0,11	0,14	0,34	0,43	0,53	0,63
	Vidrio doble bajo emisivo	0,03	0,05	0,08	0,10	0,34	0,42	0,51	0,59
	Vidrio triple bajo emisivo	0,03	0,05	0,06	0,08	0,30	0,34	0,38	0,41
0,2 (p.ej: toldos)	Vidrio sencillo	0,22	0,27	0,31	0,33	0,39	0,51	0,62	0,68
	Vidrio doble	0,20	0,23	0,26	0,28	0,39	0,50	0,60	0,65
	Vidrio doble bajo emisivo	0,17	0,20	0,22	0,23	0,39	0,48	0,56	0,61
	Vidrio triple bajo emisivo	0,13	0,15	0,16	0,17	0,32	0,36	0,40	0,42
0,4 (p.ej: cortinas)	Vidrio sencillo	0,41	0,43	0,45	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71
	Vidrio doble	0,36	0,38	0,39	0,41	0,51	0,56	0,61	0,66
	Vidrio doble bajo emisivo	0,33	0,34	0,35	0,36	0,49	0,53	0,58	0,62
	Vidrio triple bajo emisivo	0,24	0,25	0,26	0,27	0,37	0,38	0,40	0,42

En la vivienda de estudio, salvo las ventanas de la cubierta que no cuentan con estos dispositivos de sombra móviles, el resto de las ventanas sí que poseen tanto persianas, como protección exterior y cortinas, como protección interior.

Para determinar la eficiencia de la protección solar que se utiliza, podemos clasificarla en función del valor de  $g_{gl}; sh; wi$  tal y como se muestra en la *Tabla 6-24*.

*Tabla 6-24: Eficacia de la protección solar en función del  $g_{gl}; sh; wi$ . Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.*

Clase (UNE-EN 14501)	0	1	2	3	4
Eficacia	Efecto mínimo	Efecto pequeño	Efecto moderado	Eficiente	Muy eficiente
$g_{gl}; sh; wi$	$g_{gl}; sh; wi > 0,5$	$0,35 < g_{gl}; sh; wi < 0,5$	$0,15 < g_{gl}; sh; wi < 0,35$	$0,10 < g_{gl}; sh; wi < 0,15$	$g_{gl}; sh; wi < 0,10$

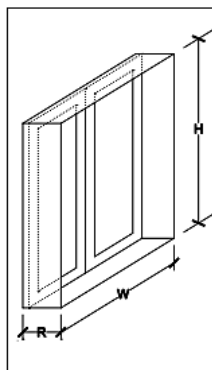
### Factor de sombra por obstáculos externos al hueco

Para determinar el factor de sombra del hueco o lucernario por obstáculo externos al hueco (como voladizos, aletas laterales, retranqueos, obstáculos remotos, etc.) recurrimos a una serie de tablas, recogidas en la norma. En caso de no justificar adecuadamente el valor de  $F_{sh,obst}$  se debe considerar 1.

En el caso de estudio, solo se hará alusión a los retranqueos, único obstáculo que encontramos en la vivienda objeto de estudio.

Tras las medidas efectuadas en las diferentes ventanas de la cara sur, podemos determinar que nos encontramos ante un valor de 0,82. En el caso de las ventanas de la cara norte determinamos un valor simplificado 1.

Tabla 6-25: Factor de sombra para obstáculos de fachada ( $F_{sh,obst}$ ): Retranqueo. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.



		$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$
S	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74	0,62	0,39
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76	0,67	0,56	0,35
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56	0,51	0,39	0,27
	$R/H > 0,5$	0,35	0,32	0,27	0,17
SE/EO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36
	$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23
E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51
	$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39

NOTA: En los huecos orientados a norte se puede considerar como valor simplificado 1

## 6.2. PUENTES TÉRMICOS.

De acuerdo con el Documento Básico DB Ahorro de energía, se define como puente térmico a la zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio en el espesor del cerramiento o de los materiales empleados, por la penetración completa o parcial de elementos constructivos con diferente conductividad, por la diferencia entre el área externa e interna del elemento, etc., que conllevan una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento. Los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios donde aumenta la probabilidad de producción de condensaciones.

Para el cálculo de puentes térmicos debemos representar la vivienda correctamente en LIDER-CALENER, tras su definición el programa calcula automáticamente estos. En este caso obtenemos los siguientes resultados.

Tabla 6-26: Características de los puentes térmicos.

TIPO DE PUENTES TÉRMICOS	Y (W/mk)	LONGITUD TOTAL(m)
Frentes de Forjados	0,97	10,27
Cubiertas Planas	0,96	85,61
Esquinas Interiores	0,11	2,53
Forjado inferior en contacto con el aire	0,86	7,62
Alfeizar	0,44	15,9
Dinteles/Capialzados	0,82	15,9
Jambas	0,53	43,46
Pilares	1,2	1
Suelos en contacto con el terreno	0,57	8,64

Los puentes térmicos generan un incremento de las transmitancias térmicas en las estructuras mencionadas en la tabla. Además de ser necesario la introducción de la Y (transmitancia térmica lineal) y de la longitud total medida a lo largo de la envolvente térmica de la vivienda.

## 6.3. OCUPACIÓN.

De acuerdo con el “Anejo F” correspondiente a la demanda de referencia de ACS dentro del Documento Básico HE Ahorro de energía, el cálculo de los valores mínimos de ocupación en residencias de usos privado estará relacionadas con el número de dormitorios de la vivienda en cuestión.

La importancia de calcular la ocupación reside en la estimación de agua caliente sanitaria (ACS) para la vivienda y en menor medida, en la determinación de las cargas térmicas producidas por las personas que residen en la vivienda en cuestión.

La vivienda de estudio cuenta con tres dormitorios, dos de ellos en la primera planta y el último en la planta bajo cubierta. Por tanto, el número de ocupantes sería 4, Tabla 6-27. Dicho valor difiere de la realidad, ya que el número de residentes actuales es de 2, sin embargo, es importante sobredimensionar el valor para contar con unas instalaciones suficientes en caso de que el número de ocupantes aumentase.

Tabla 6-27: Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado. Fuente: Documento Básico DB Ahorro de energía.

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

## 6.4. CARGAS TÉRMICAS.

El objetivo principal de calcular las cargas térmicas es conocer las pérdidas de calor que se experimentan en la vivienda, ya que el objetivo de una vivienda calefactada es mantener la temperatura constante en cada instante, aportando una potencia calorífica que equilibre dichas pérdidas de calor. Las pérdidas de calor que experimentan las viviendas se deben a:

- Transmisiones a través de sus cerramientos.
- Entrada de aire exterior por ventilación o infiltraciones.
- Ganancias suministradas a la vivienda.

Como ya se vio con anterioridad, la vivienda se encuentra localizada en Cartes (Cantabria), por tanto, las **condiciones exteriores** de dicha vivienda se fijan a través de la *Tabla 6-28* obtenida de la *Guía IDAE Condiciones climáticas, nº12*. Por lo tanto, con respecto a dicha tabla, se fijará como temperatura de invierno 3.8°C.

Tabla 6-28: Fragmento de la tabla de condiciones exteriores de proyecto para diferentes localizaciones. Fuente: Guía IDAE Condiciones climáticas, nº12.

Localidad	Uso Sanitario	Uso General	T.b.s.	T.b.h.	T.b.s.	T.b.h.	OMD
San Sebastián	-2.8	-1.2	26.2	18.2	23.3	18.5	
S.C. de Te.	12.2	12.9	31.3	20.9	29.7	20.4	
Santander	3.1	3.8	24.5	19.7	23.1	19.6	5.9
Santiago	-1.1	-0.1	29.5	20.7	25.1	19.2	10.9
Segovia	-8.2	-6.5	33.9	19.2	30.6	18.2	
Sevilla	0.4	1.5	37.8	23.8	35.1	22.6	15.7
Soria	-9	-7.2	32.7	19	29.1	17.6	
Tarragona	0.1	1.5	28.6	21.8	27.1	21.3	

En lo que a las **condiciones interiores** se refiere, tanto la temperatura como la humedad relativa (HR) se fijan de acuerdo con la *ITC 1, diseño y dimensionamiento (RITE)*, donde se exige que las zonas a calefactar cumplan con las siguientes condiciones, recogidas en la *Tabla 6-29*. Se fijará por tanto, una temperatura de 21°C y una HR de 50%.

Tabla 6-29: Condiciones interiores en viviendas. Fuente: ITC 1, diseño y dimensionamiento (RITE).

	Verano		Invierno	
	T	HR	T	HR
Viviendas <i>ITE 1 Diseño y dimensionado del RITE 2007</i>	23..25 °C	45..60%	21..23 °C	40..50%
Oficinas y locales comerciales y de ocio <i>Real Decreto 1826/2009</i>	=>26 °C	30..70%	=<21 °C	30..70%

Para el cálculo de las cargas térmicas es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Carga térmica por transmisión de calor a través de superficies planas: muros o cerramientos y elementos singulares (puertas y ventanas).
- Suplementos por orientación.
- Suplementos por interrupción de servicio.
- Pérdidas por ventilación (por entrada de aire frío de renovación procedente del exterior).



Para realizar el cálculo de las **pérdidas de calor por transmisión** se utiliza la formula siguiente:

$$P = K \times S \times \Delta T \times C_1 \times C_2 \quad (5)$$

Donde:

$P$ =Calor perdido por unidad de tiempo (kcal/h).

$S$ =Superficie (m<sup>2</sup>).

$K$ =Coeficiente de transmisión térmica (kcal/(h·m<sup>2</sup>·°C)).

$\Delta T$ =Diferencia de temperatura o salto térmico entre un lado y otro del cerramiento o la ventana (°C).

$C_1$ =Coeficiente de intermitencia (incremento por parada o interrupción del sistema de calefacción).

$C_2$ =Coeficiente de orientación (incremento por orientación del cerramiento).

Para el cálculo de **perdida de calor por ventilación**:

$$P = V \times \Delta T \times P_e \times C_e \quad (6)$$

Donde:

$P$ =Calor perdido por unidad de tiempo (kcal/h).

$P_e$ =Densidad del aire: 1,2 kg/m<sup>3</sup>.

$C_e$ =Calor específico del aire: 0,24 kcal/(kg·°C).

$\Delta T$ =Diferencia de temperatura:  $T^{a_{ext}} - T^{a_{int}}$ .

$V$ =Volumen del aire de renovación (m<sup>3</sup>/h).

Dado que  $P_e \times C_e = 0.3 \text{ kcal}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ , podemos simplificar la formula anterior por:

$$P = 0.3 \times V \times \Delta T \quad (7)$$

A continuación, se recoge una tabla con los **coeficientes de transmisión térmica** de los diferentes materiales de la vivienda, utilizados para el cálculo.

Tabla 6-30: Coeficientes de transmisión térmicos.

ENVOLVENTE	U ( W/m <sup>2</sup> K)
MURO EXTERIOR	0,49
CUBIERTA	0,38
FORJADO INTERIOR	0,6
FORJADO TERRENO	1,02
TABIQUE	2,45
MEDIANERA	1,01
VENTANAS	5,26
PUERTA ENTRADA	3,39

A continuación, se valorarán los **saltos térmicos**:

- Entre una zona interior climatizada y una zona exterior sin climatizar:  $\Delta T = T^{\circ}ext - T^{\circ}int = 21 - 3.8 = 17.2^{\circ}C$
- Entre una zona interior climatizada y una zona interior sin climatizar [Las viviendas o locales anexos (separados por medianería, techo o suelo), se considerarán zonas interiores sin climatizar]:  $\Delta T = \frac{\Delta T}{2} = \frac{17.2}{2} = 8.6^{\circ}C$
- Entre dos zonas interiores climatizadas:  $\Delta T = 1^{\circ}C$ .

Todas las zonas de la vivienda, a excepción del garaje, se encuentran climatizadas.

El **coeficiente de intermitencias (C<sub>1</sub>)**, antes mencionado en la formula (5), es un coeficiente de seguridad. Debe su nombre a que, en las antiguas instalaciones colectivas sin contabilización de consumo, el generador arrancaba únicamente en horario predefinido. Representa el porcentaje de incremento sobre la carga térmica que producen las paradas programadas del sistema de calefacción (con la consiguiente inercia térmica y la demora hasta alcanzar la temperatura deseada). Habitualmente se emplea **1.10** como coeficiente de intermitencia o seguridad.

El **coeficiente de orientación (C<sub>2</sub>)**, mencionado en la formula (5), es un factor adimensional empleado para tener en cuenta la ausencia de radiación solar y la presencia de vientos dominantes sobre los muros, en función de su orientación. En los muros de separación con otros locales o en los cerramientos no verticales no se tiene en cuenta. Habitualmente se emplean los siguientes valores para los coeficientes de orientación:

- Norte: 1,15
- Sur: 1
- Este: 1.10
- Oeste: 1.05

En caso de encontrarse en orientaciones intermedias (Por ejemplo: suroeste, noroeste...) se dejará bajo criterio del proyectista el coeficiente a emplear, entre los anteriores.

Para realizar el cálculo de los caudales de ventilación se tiene en cuenta lo establecido en el *Código Técnico de Edificación (CTE), Sección HS-3, Calidad del aire interior*.

La extracción de aire se realizará mediante los cuartos húmedos, tales como cocina y baño, mientras que la entrada de aire de renovación se realizará mediante los cuartos secos, salón-comedor y dormitorios. En cocina y baños, al no entrar aire frío de renovación procedentes del exterior, consideramos que las pérdidas de calor por ventilación son nulas.

En la vivienda, el número de ocupación es de cuatro personas; dos de ellos en el dormitorio 3, uno en el dormitorio 2 y el último en el dormitorio 1. Por tanto, la ocupación total en salón-comedor será de 4.

Mediante la Tabla 6-31, se ha procedido al cálculo de los caudales de ventilación, teniendo en cuenta cual es el caudal de ventilación mínimo en cada una de las estancias. En el caso de los dormitorios y salón-comedor, dicho caudal se ha multiplicado por el número de personas. Mientras que, para la cocina y cuartos de baño se ha multiplicado por la superficie de estos. De esta forma, se han obtenido los caudales de ventilación total en cada una de las estancias.

Una vez calculados, se ha procedido al equilibrado de los mismos, es decir, a ajustar los valores de tal forma que, el caudal de aire extraído sea igual al caudal de aire introducido.

A parte de los términos mencionados en los párrafos anteriores, en la Tabla 6-33 y *Tabla 6-34*, se muestra el cálculo del tamaño de las rejillas de ventilación instaladas en la vivienda, tanto de aperturas al exterior, como aperturas de paso entre dependencias de la vivienda. Para ello, se recurre a la Tabla 6-32, que muestra el área efectiva de ventilación en  $\text{cm}^2$ . Tanto las aberturas de admisión como las de extracción se calculan multiplicando el caudal de ventilación de aire por 4. Finalmente, la abertura de paso se obtiene de la multiplicación del caudal de ventilación de aire por 8. Ambos valores se obtienen de la Tabla 6-32.

Tabla 6-31: Caudales de ventilación mínimos exigidos. Código Técnico de Edificación (CTE).

		Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s		
		Por ocupante	Por $\text{m}^2$ útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	50 por local <sup>(1)</sup>
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

<sup>(1)</sup> Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Tabla 6-32: Área efectiva de las aberturas de ventilación de un local en  $\text{cm}^2$ . Fuente: Código Técnico de Edificación (CTE)

Aberturas de ventilación	Aberturas de admisión	$4 \cdot q_v$ ó $4 \cdot q_{va}$
	Aberturas de extracción	$4 \cdot q_v$ ó $4 \cdot q_{ve}$
	Aberturas de paso	$70 \text{ cm}^2$ ó $8 \cdot q_{vp}$
	Aberturas mixtas <sup>(1)</sup>	$8 \cdot q_v$

(1) El área efectiva total de las aberturas mixtas de cada zona opuesta de fachada y de la zona equidistante debe ser como mínimo el área total exigida.

Los resultados obtenidos de estos cálculos se muestran a continuación:

Tabla 6-33: Cálculos del caudal del aire de entrada (l/s).

AIRE DE ENTRADA					
USO	Salón-comedor	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3	
VENTILACIÓN ( $\text{l/s} \cdot p$ )	3	5	5	5	
OCUPACIÓN(p)	4	1	1	2	
VENTILACIÓN TOTAL (l/s)	12	5	5	10	32 l/s
VENT.TOT.EQUILIBRADA (l/s)	22,255	15,255	15,255	20,255	73,02 l/s
ABERTURA ( $\text{cm}^2$ )	89,02	61,02	61,02	81,02	
ABERTURA DE PASO ( $\text{cm}^2$ )	178,04	122,04	122,04	162,04	

Tabla 6-34: Cálculo del caudal del aire de extracción (l/s).

AIRE DE EXTRACCIÓN					
USO	Cocina	Baño 1	Baño 2	Baño 3	
VENTILACIÓN ( $\text{l/s} \cdot p$ )	2	15	15	15	
OCUPACIÓN(p) o ( $\text{m}^2$ )	6,51	0	2	2	
VENTILACIÓN TOTAL (l/s)	13,02	0	30	30	73,02 l/s
VENT.TOT.EQUILIBRADA (l/s)	13,02	0	30	30	73,02 l/s
ABERTURA ( $\text{cm}^2$ )	52,08	0	120	120	
ABERTURA DE PASO ( $\text{cm}^2$ )	104,16	70	240	240	

Una vez obtenidos los caudales de aire de extracción y los de entrada, se deberán de calcular las cargas térmicas totales. Estas son divididas en pérdidas por transmisión, calculadas mediante la fórmula (5) y en pérdidas por ventilación, obtenidas mediante la fórmula simplificada (7).

Los cálculos sobre las cargas térmicas totales se muestran a continuación:

# EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Tabla 6-35: Pérdidas de calor totales en el Salón-Comedor.

USO	Salón-comedor							
PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN								
Elementos	Orientación	U(W/m <sup>2</sup> °C)	U (kcal/hm <sup>2</sup> °C)	S	ΔT	C1	C2	Potencia (kcal/h)
Muro exterior	Norte	0,49	0,42	6,87	17,2	1,1	1,15	62,98
Medianera	Este	1,01	0,87	8,86	8,6	1,1	1,1	80,07
Medianera	Oeste	1,01	0,87	8,86	8,6	1,1	1,05	76,43
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	7,99	1	1,1	1	18,52
Forjado interior (suelo)	Esp.no calef	0,6	0,52	16,91	8,6	1,1	1	82,53
Forjado interio (techo)	Esp.no calef	0,6	0,52	16,91	8,6	1,1	1	82,53
Ventana	Norte	5,26	4,52	2,14	17,2	1,1	1,15	210,59
Ventana	Norte	5,26	4,52	3,21	17,2	1,1	1,15	315,89
Pérdidas Totales							929,52	

Caudal de Ventilacion	22,25	l/s	80,1	m³/h
PERDIDAS POR VENTILACIÓN	413,316	kcal/h		
PERDIDAS TOTALES	1342,84	kcal/h		

Tabla 6-36: Pérdidas de calor por ventilación en el Baño 1

USO	Baño 1							
PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN								
Elementos	Orientación	U(W/m2°C)	U (kcal/hm2°C)	S	ΔT	C1	C2	Potencia (kcal/h)
Medianera	Oeste	1,01	0,87	3,87	8,6	1,1	1,05	33,38
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	3,87	1	1,1	1	8,97
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	4,81	1	1,1	1	11,15
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	4,81	1	1,1	1	11,15
Forjado interior (suelo)	Esp.no calef	0,6	0,52	2,91	8,6	1,1	1	14,20
Forjado interior (techo)	Esp.no calef	0,6	0,52	2,91	8,6	1,1	1	14,20
						PERDIDAS TOTALES		99,10

Caudal de Ventilacion	0	l/s
PERDIDAS POR VENTILACIÓN	0	kcal/h
PERDIDAS TOTALES		
		99,10
		kcal/h

Tabla 6-37: Pérdidas de calor totales en la Cocina.

USO	Cocina							
PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN								
Elementos	Orientación	U (W/m²°C)	U (kcal/hm²°C)	S	ΔT	C1	C2	Potencia (kcal/h)
Muro exterior	Sur	0,49	0,42	2,19	17,20	1,10	1,00	17,46
Medianera	Este	1,01	0,87	9,61	8,60	1,10	1,10	86,85
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	5,26	1,00	1,10	1,00	12,19
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	6,12	1,00	1,10	1,00	14,18
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	1,01	1,00	1,10	1,00	2,34
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	3,49	1,00	1,10	1,00	8,09
Forjado interior (suelo)	Esp.no calef	0,60	0,52	6,29	8,60	1,10	1,00	30,70
Forjado interior (techo)	Esp.no calef	0,60	0,52	6,29	8,60	1,10	1,00	30,70
Ventana	Sur	5,26	4,52	1,86	17,20	1,10	1,00	159,16
						Perdidas Totales		361,66

Caudal de Ventilacion	13,02	l/s	46,87	m³/h
PERDIDAS POR VENTILACIÓN	241,86	kcal/h		
PERDIDAS TOTALES	603,52	kcal/h		

Tabla 6-38: Pérdidas de calor totales en el Dormitorio 1.

USO	Dormitorio 1							
PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN								
Elementos	Orientación	U (W/m2°C)	U (kcal/hm2°C)	S	ΔT	C1	C2	Potencia (kcal/h)
Muro exterior	Norte	0,49	0,42	5,22	17,2	1,1	1,15	47,85
Muro exterior	Oeste	0,49	0,42	1,04	17,2	1,1	1,05	8,70
Medianera	Este	1,01	0,87	10,25	8,6	1,1	1,1	92,63
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	7,54	1	1,1	1	17,47
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	7,41	1	1,1	1	17,17
Forjado interior (suelo)	Esp.no calef	0,6	0,52	11,87	8,6	1,1	1	57,93
Forjado interior (techo)	Esp.no calef	0,6	0,52	11,87	8,6	1,1	1	57,93
Ventana	Norte	5,26	4,52	2,19	17,2	1,1	1,15	215,51
Ventana	Oeste	5,26	4,52	1,67	17,2	1,1	1,05	150,05
						Pérdidas Totales		665,25

Caudal de Ventilacion	15,255	l/s	54,918	m³/h
PERDIDAS POR VENTILACIÓN	283,38	kcal/h		
PERDIDAS TOTALES	948,63	kcal/h		

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Tabla 6-39: Pérdidas de calor totales en el Dormitorio 2.

USO	Dormitorio 2							
PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN								
Elementos	Orientación	U(W/m2°C)	U (kcal/hm2°C)	S	ΔT	C1	C2	Potencia (kcal/h)
Muro exterior	Sur	0,49	0,42	4,55	17,20	1,10	1,00	36,27
Medianera	Este	1,01	0,87	9,39	8,60	1,10	1,10	84,86
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	7,41	1,00	1,10	1,00	17,17
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	7,41	1,00	1,10	1,00	17,17
Forjado interior (suelo)	Esp.no calef	0,60	0,52	10,23	8,60	1,10	1,00	49,93
Forjado interior (techo)	Esp.no calef	0,60	0,52	10,23	8,60	1,10	1,00	49,93
Ventana	Sur	5,26	4,52	2,86	17,20	1,10	1,00	244,73
						Pérdidas Totales		500,06

Caudal de Ventilacion	15,26	l/s	54,918	m³/h
PERDIDAS POR VENTILACIÓN	283,38	kcal/h		
PERDIDAS TOTALES	783,43	kcal/h		

Tabla 6-40: Pérdidas de calor total en el Baño 2.

USO	Baño 2							
PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN								
Elementos	Orientación	U(W/m2°C)	U (kcal/hm2°C)	S	ΔT	C1	C2	Potencia (kcal/h)
Muro exterior	Norte	0,49	0,42	3,91	17,20	1,10	1,15	35,84
Medianera	Oeste	1,01	0,87	5,03	8,60	1,10	1,05	43,39
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	5,03	1,00	1,10	1,00	11,66
Tabique	Esp.no calef	2,45	2,11	4,81	1,00	1,10	1,00	11,15
Forjado interior (suelo)	Esp.no calef	0,60	0,52	3,78	1,00	1,10	1,00	2,15
Forjado interior (techo)	Esp.no calef	0,60	0,52	3,78	1,00	1,10	1,00	2,15
Ventana	Norte	5,26	4,52	0,90	17,20	1,10	1,15	88,57
Pérdidas Totales								194,89

Caudal de Ventilacion	30	l/s	108	m³/h
PERDIDAS POR VENTILACIÓN	557,28	kcal/h		
PERDIDAS TOTALES	752,17	kcal/h		

Tabla 6-41: Pérdidas de calor totales en el Baño 3.

USO	Baño 3							
PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN								
Elementos	Orientación	U(W/m2°C)	U (kcal/hm2°C)	S	ΔT	C1	C2	Potencia (kcal/h)
Medianera	Oeste	1,01	0,87	3,98	8,60	1,10	1,05	34,33
Muro exterior	Este	0,49	0,42	3,98	17,20	1,10	1,10	34,90
Tabique	Esp.no.calef	2,45	2,11	2,85	1,00	1,10	1,00	6,60
Tabique	Esp.no.calef	2,45	2,11	4,75	1,00	1,10	1,00	11,01
Forjado interior (suelo)	Esp.no.calef	0,60	0,52	3,78	1,00	1,10	1,00	2,15
Cubierta	Norte	0,38	0,33	3,78	17,20	1,10	1,15	26,87
Ventana	Norte	5,26	4,52	0,36	17,20	1,10	1,15	35,43
						Pérdidas Totales		151,29

Caudal de Ventilacion	30	l/s	108	m³/h
PERDIDAS POR VENTILACIÓN	557,28	kcal/h		
PERDIDAS TOTALES	708,57	kcal/h		

Tabla 6-42: Pérdidas de calor totales en el Dormitorio 3.

USO	Dormitorio 3							
PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN								
Elementos	Orientación	U(W/m²°C)	U (kcal/hm²°C)	S	ΔT	C1	C2	Potencia (kcal/h)
Muro exterior	Norte	0,49	0,42	4,49	17,20	1,10	1,15	41,16
Muro exterior	Sur	0,49	0,42	4,39	17,20	1,10	1,00	34,99
Medianera	Este	1,01	0,87	6,40	8,60	1,10	1,10	57,84
Tabique	Esp.no.calef	2,45	2,11	6,40	1,00	1,10	1,00	14,83
Forjado interior (suelo)	Esp.no.calef	0,60	0,52	8,93	1,00	1,10	1,00	5,07
Cubierta	Sur	0,38	0,33	8,93	17,20	1,10	1,00	55,20
Ventana	Norte	5,26	4,52	2,84	17,20	1,10	1,15	279,48
						Pérdidas Totales		488,57

Caudal de Ventilacion	20,255	l/s	72,918	m³/h
PERDIDAS POR VENTILACIÓN	376,26	kcal/h		
PERDIDAS TOTALES	864.83	kcal/h		



Cabe destacar, que es imprescindible conocer las cargas térmicas de todas las estancias a calefactar, con el fin de dimensionar la potencia del generador que en este caso se trata de una caldera, además de los emisores térmicos, instalación de radiadores. Estos valores también serán necesarios a la hora de introducir alguna propuesta de mejora sobre la caldera de gas natural o sobre el grupo de radiadores, con el fin de adaptar al máximo las instalaciones a la demanda térmica del edificio en cuestión.

### 6.5. CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

#### 6.5.1. Iluminación.

La influencia de las instalaciones de iluminación desempeñan un doble papel en el comportamiento energético de los edificios. Por un lado, generan calor y por ende, influyen en la demanda de calefacción y refrigeración. Por otro lado, porque consumen energía.

Para el cálculo de la eficiencia energética en la iluminación de la vivienda en cuestión se debió acudir al *Código Técnico de la Edificación HE 3*, correspondiente al apartado de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación. Al tratarse de interiores de vivienda, este cálculo se excluye del ámbito de aplicación. Sin embargo, esto no exime en su totalidad de su cálculo, debido a que es necesario la justificación de las soluciones adoptadas para el ahorro de energía en la instalación de iluminación.

A partir del tipo, número y distribución de cada una de las luminarias, se ha llevado a cabo un análisis de la eficiencia energética.

Para calcular la potencia total se debe tener en cuenta, no solo la potencia de las mismas, sino también el equipo auxiliar. Este se define como el sistema de arranque y funcionamiento de las propias lámparas. Para dicha estimación se recurre a la *ITC-BT-44 apartado 3.1*, de donde se obtiene el coeficiente 1.8. Sin embargo, en caso de lámparas fluorescentes, las más comunes (36W, 56W), este coeficiente carece de importancia en el cálculo, ya que, el equipo auxiliar apenas consume potencia. Por consiguiente no se tiene en cuenta.

$$Potencia\ Total(W) = N^{\circ}de\ Luminarias \times Potencia\ de\ Luminaria(W)$$

Tabla 6-43: Definición y características de las iluminarias.

MODELO	POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (lumen)	EFICIENCIA	UNIDADES	USO
Philips TL-D 18W 865 Super 80 (MASTER)   59cm - Luz de Día	18	1300	A	2	GARAJE
Philips Genie ESaver 8W 865 E27   Luz de Día	8	400	A	2	SALON-COMEDOR
Osram Dulux S 5W 827   Luz muy Cálida - 2-Pines	5	257	B	3	BAÑO
Globo G95 E27 25W 230V Clara	25	100	F	6	ESCALERAS
					ESPEJOS
Sylvania Pygmy E14 25W 240V 925   Luz muy Cálida	25	225	E	4	DISTRIBUIDOR
					HALL
Sylvania GLS Traffic Signal E27 40W 230V 925   Luz muy Cálida	40	320	A	2	COCINA
Philips PL-C 10W 827 2P (MASTER)   Luz muy Cálida - 2-Pines	10	600	A	4	DORMITORIO

Teniendo en cuenta la potencia total y la superficie de las diferentes zonas, podemos obtener la potencia instalada.

$$Potencia\ Instalada\left(\frac{W}{m^2}\right) = \frac{Potencia\ Total\ (W)}{Superficie\ del\ Espacio\ (m^2)}$$

Esta potencia será utilizada posteriormente para el cálculo del valor de la eficiencia energética de la instalación, VEEI (W/m<sup>2</sup>x100lux).

$$VEEI = \frac{P * 100}{S * Em}$$

$P$ = Potencia de la lampara (W).

$S$ =Superficie iluminada (m<sup>2</sup>).

$Em$ =Iluminancia media horizontal mantenida (lux).

Los valores de la  $Em$  se obtienen de las normas *UNE EN 12464-1* y de la *UNE EN 12193*, que definen la calidad y el confort lumínico. En este caso, han sido utilizados los valores recomendados del apartado de viviendas.

# EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Tabla 6-44: Iluminancia media horizontal mantenida.

Actividad y Tipo de local	Iluminancia media (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, roperos, lavabos, almacenes, archivos	100	150	200
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas generales, mecanografiado, proceso de datos, puestos de datos informatizados, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
<b>Industrias (en general)</b>			
Trabajos con requisitos visuales escasos	200	300	500
Trabajos con requisitos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requisitos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Aseos y baños	100	150	200
Salas de estar, comedor	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo, de estudio	300	500	750

Tabla 6-45: Valores obtenidos de la VEEI.

ESPACIO	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	PERFIL DE USO	UNIDADES	TIEMPO (h)	POTENCIA TOTAL (W)	INSTALADA (W/m2)	CONSUMO (kWh)	VEEI
GARAJE	31,05	Habitable	2	2	36	1,16	0,07	0,58
ESCALERA	4,93	Acondicionado	3	0,5	75	15,21	0,04	10,14
BAÑO 1	2,5	Acondicionado	2	1	30	12,00	0,03	8,00
COCINA	6,51	Acondicionado	2	3	80	12,29	0,24	8,19
DISTRIBUIDOR	3,01	Acondicionado	2	0,3	50	16,61	0,02	16,61
ESCALERA	4,22	Acondicionado	1	0,3	25	5,92	0,01	3,95
HALL	2,14	Acondicionado	1	0,3	25	11,68	0,01	11,68
SALON-COMEDOR	16,09	Acondicionado	2	4	16	0,99	0,06	0,33
BAÑO 2	3,6	Acondicionado	1	1	5	1,39	0,01	0,93
DISTRIBUIDOR	4,29	Acondicionado	1	0,3	25	5,83	0,01	5,83
DORMITORIO 1	11,33	Acondicionado	1	2	10	0,88	0,02	0,59
DORMITORIO 2	10,23	Acondicionado	1	2	10	0,98	0,02	0,65
BAÑO 3	3,42	Acondicionado	2	0,5	30	8,77	0,02	5,85
DORMITORIO 3	13,39	Acondicionado	2	2	20	1,49	0,04	1,00
CONSUMO TOTAL DIARIO							0,58	

\*El VEEI se obtiene de forma aproximada, mediante la formula anterior.

Al no contar con el valor  $E_m$  de las zonas de terraza, ha sido imposible el cálculo del la VEEI de dichas zonas.

Otro valor a tener en cuenta de la Tabla 6-45, es el consumo total diario de las lamparas de la vivienda, 0,58 kWh. Para obtener dicho valor, en primer lugar se han estimado el número de horas diarias de funcionamiento de cada una de las luminarias y finalmente se ha multiplicado la potencia total por las horas de funcionamiento.

### 6.5.2. Electrodomésticos

Según el artículo del IDAE denominado “*Estudio sobre consumo energético del sector residencial en España*”, los hogares españoles gastan de media unos 990 euros anuales en consumo eléctrico. El 56% del total de electricidad, 546 euros al año corresponden al uso de electrodomésticos.

Dicho estudio muestra la necesidad de identificar y calcular los consumos de los aparatos eléctricos conectados en la vivienda en cuestión.

En primer lugar, se han identificado todos los electrodomésticos utilizados en la vivienda, tras esto, se determinó la cantidad de ellos. A continuación, se estimó el número de horas diarias de funcionamiento de cada uno.

Como consecuencia de la falta de placas características de los diferentes aparatos, existieron ciertas limitaciones para obtener la potencia (W) de cada uno de ellos. Por esto, en muchos casos se estimó el consumo genérico al alza de los electrodomésticos.

Una vez conocido el número de aparatos, el consumo y el número de horas de uso, se pudo obtener la energía consumida por hora (kWh)

Tabla 6-46: Consumos eléctricos de los electrodomésticos de la vivienda.

CANTIDAD	HORAS	APARATO	POTENCIA (W)	POTENCIA(kW)	CONSUMO HOGAR DIA (kWh)
1	1	Aspiradora Générica	700	0,7	0,7
1	0,16	Batidora, générica	250	0,25	0,04
1	0,16	Cadena de música/Equipo música, générico	80	0,08	0,01
1	1	Cafetera générica	720	0,72	0,72
1	0,16	Calentador/calefactor	2000	2	0,32
2	2	Cargador móvil, generico	4,83	0,005	0,02
1	0,1	Exprimidor, generico	450	0,45	0,05
1	2	Extractor de humos	120	0,12	0,24
1	2	Vitrocerámica 21cm	2200	2,2	4,4
1	0,5	Freidora	1100	1,1	0,55
1	0,5	Horno electrico generico	2200	2,2	1,1
1	0,5	Impresora	32	0,03	0,02
1	1	Lavadora generica	1500	1,5	1,5
1	1	Lavaplatos/ Lavavajillas générico	1500	1,5	1,5
1	0,16	Lector Reproductor cd/DVD	12,2	0,01	0,002
1	0,25	Microondas generico	1100	1,1	0,28
1	24	Nevera	350	0,35	8,4
3	2	Ordenador	65	0,07	0,39
1	0,16	Plancha de vapor doméstica	1500	1,5	0,24
1	24	Router ADSL/Wifi generico	10,12	0,01	0,24
1	0,16	Secador de pelo generico	825	0,83	0,13
1	1	Secadora	2000	2	2
1	8	TV	474	0,47	3,79
1	1	Videoconsola, generica	18	0,02	0,02
CONSUMO TOTAL DIARIO					26,65

### 6.6. INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y ACS.

Para la realización del análisis del consumo producido dentro de cualquier vivienda, es necesario tener en cuenta diversos factores como por ejemplo los materiales utilizados en

los cerramientos de la vivienda Tabla 6-6, la zona climática o equipos de abastecimiento de energía. Sin embargo, estos factores pueden ser resumidos en la demanda de los usuarios y en el rendimiento de los sistemas de abastecimiento de energía.

Cabe destacar que, la mayor parte de la energía consumida en la vivienda se debe a la calefacción la cual estará directamente influenciada por la zona climática en la que se encuentre la vivienda en cuestión.

Por consiguiente, el agua caliente sanitaria (ACS) es el segundo sistema que más energía consume por los usuarios. Dicho ACS se puede suministrar a una vivienda por medio de calderas de gas o eléctricas, o por acumuladores, estas opciones junto con la de caldera+acumulador, han sido las más empleadas en las viviendas antiguas y en algunas de construcción reciente.

A la hora de realizar la simulación de las instalaciones de abastecimiento de la energía se recurrió al programa *LIDER-CALENER*, más concretamente, a la herramienta *CALENER VYP*. Esta herramienta permite la simulación horaria de varios sistemas de refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria. Sin embargo, al ser la instalación perteneciente a una vivienda unifamiliar, el programa no cuenta con esta función por lo que será imposible controlar el encendido o apagado de ellos.

El programa proporciona una base de datos con valores por defecto de los diferentes sistemas, equipos y unidades terminales, a partir de los cuales se ha elegido los correspondientes a la vivienda a estudiar.

Tabla 6-47: Base de datos de las instalaciones en CALENER VYP. Basado en: Manual de CALENER.

COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN	TIPOS
Sistemas	Sistema de climatización unizona
	Sistema de calefacción multizona por agua
	Sistema de climatización multizona por expansión directa
	Sistema de climatización multizona por conductos
	Sistema de agua caliente sanitaria
	Sistema mixto de calefacción y agua caliente sanitaria
	Sistema de climatización multizona por expansión directa para terciario
	Sistema de climatización multizona por conductos para terciario
Equipos	Equipo caldera eléctrica o combustible
	Equipo de calefacción eléctrica unizona
	Equipo en expansión directa aire-aire sólo frío
	Equipo en expansión directa aire-aire bomba de calor
	Equipo en expansión directa bomba de calor aire-agua
	Equipo unidad exterior en expansión directa
	Equipo de acumulación de agua caliente
	Equipo de rendimiento constante
Unidades Terminales	Unidad terminal de agua caliente
	Unidad terminal de impulsión de aire
	Unidad terminal en expansión directa

La instalación de la vivienda estudio cuenta con un sistema mixto de calefacción y agua caliente sanitaria, un equipo compuesto por una caldera de gas (NEOBIT S 24 kW) cuyas características principales vienen recogidas en la Tabla 6-48, y finalmente varias unidades terminales de agua caliente correspondientes a los radiadores.

Tabla 6-48: Características principales de la caldera.

CARACTERÍSTICAS	NEOBIT S 24 kW
Potencia máxima en calefacción/ACS	24 kW
Potencia mínima en calefacción/ACS	9,3 kW
Producción ACS (DT=25°C)	13,7 l/min
Intercambiador para ACS	Bitérmico
Sistema de detección de calefacción	Sí
Sistema de detección de caudal ACS	Flotador magnético
Circulador	Asíncrono
Orientación conexiones hidráulicas	Verticales
Válvula antirretorno en llenado	Sí
Control de presión en circuito primario	Por presostato
Grifo de vaciado	Sí
Capacidad vaso de expansión	6 litros
Sondas de temperatura en primario	1 en día
Sistema detección revoco de humos	Termostato

Respecto a la distribución de la instalación de la calefacción y el agua caliente sanitaria se trabajará tanto en la planta baja, como en la primera planta y en la planta bajo cubierta, tal y como vemos en la siguiente ilustración. Por el contrario, el garaje no cuenta con dicho sistema al considerarse un espacio no acondicionado, tal y como vemos en la siguiente ilustración.

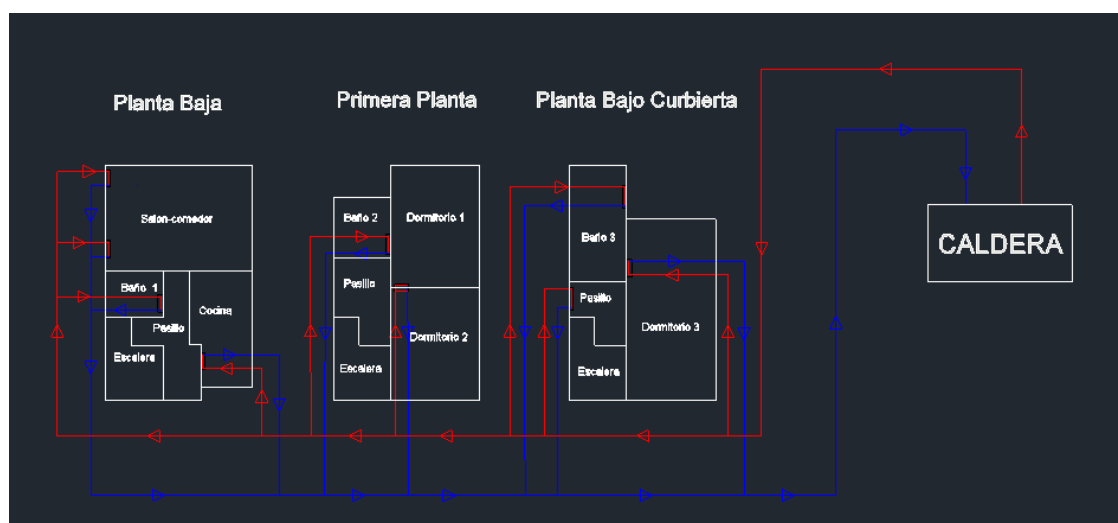


Ilustración 6-15: Distribución de la instalación.

Como ya se mencionó anteriormente, la caldera de gas natural es de la marca “Neobit” y tiene una doble funcionalidad, es decir, usada para calefacción y ACS, dando prioridad a esta segunda.

La caldera tiene una capacidad total de 24 kW, cuenta con un rendimiento del 93% y está localizada en la cocina. Estas características se deben de introducir como propiedades básicas en el tipo de caldera seleccionada.

**Caldera**

Nombre

Propiedades básicas | Curvas

Capacidad Total  kW

Rendimiento nominal

Tipo energía

Multiplicador

Ilustración 6-16: Propiedades básicas de la caldera en CALENER VYP.

Al ser un sistema mixto de calefacción y ACS, es necesario tanto introducir la temperatura de impulsión de calefacción como la del agua caliente sanitaria, siendo 80°C y 50°C respectivamente. Por otro lado, al no tratarse de una vivienda de nueva construcción, además de no contar con ningún sistema renovable que aproveche la energía solar, la fracción de calefacción y ACS cubierta por el sistema solar térmico es nula.

**Mixto calefacción y ACS**

Nombre

Propiedades básicas

Fracción cubierta por el sistema solar térmico  %

Temperatura de impulsión sanitaria  °C

Temperatura de impulsión calefacción  °C

Multiplicador

Ilustración 6-17: Propiedades básicas de calefacción y ACS en CALENER VYP.

Una vez definidos el sistema y el equipo de la vivienda, llega la hora de identificar todas las unidades terminales, es decir, los radiadores. En este apartado tenemos una limitación, al desconocer por completo la capacidad nominal de cada uno de los radiadores utilizados. Por esta razón, se ha calculado manualmente a través de una expresión que se cumple siempre y cuando las estancias tengan una altura menor a los 2,5 metros. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{Potencia requerida (W)} = A \times B \times C \times D \times 85$$

Siendo:



A: Espacio a calentar ( $m^2$ )

B: Orientación:

- Norte=1,12
- Sur=0,92
- Este=1
- Oeste=1

C: Aislamiento:

- Buen aislamiento: Ventanal y tabique dobles = 0,93
- Aislamiento sencillo: Ventanal sencillo y tabique o ventanal dobles y tabique sencillo= 1
- Sin aislamiento: Ventanal y tabique sencillos= 1,10

D: Zona climática:

- Zona A: 0,88
- Zona B: 0,95
- Zona C: 1,04
- Zona D: 1,12
- Zona E: 1,19

A continuación, se muestran los diferentes valores introducidos en el programa, de la capacidad nominal de cada uno de los radiadores instalados en las diferentes estancias.

Tabla 6-49: Capacidad nominal de los radiadores.

RADIADOR	CAPACIDAD NOMINAL (kW)
Salón-Comedor	0,74
	0,74
Baño 1	0,2
Cocina	0,5
Baño 2	0,33
Distribuidor	0,35
Dormitorio 1	1,04
Dormitorio 2	0,77
Baño 3	0,4
Dormitorio 3	1,92

Para finalizar el análisis de la instalación de calefacción y ACS, debemos volver a recurrir al *CTE-DBH4*, con el fin de calcular la demanda de ACS. Según la Tabla 6-50 cada persona consume de media en una vivienda unos 28 litros, por lo que, si en la vivienda objeto de estudio, según el apartado de *Ocupación* en la página 54, el número de residentes es de 4 personas, el consumo de ACS será finalmente de unos 112 litros por día. Además, la temperatura de utilización será de unos 60° y la temperatura de agua de la red por defecto será de unos 12,8 °C para Cantabria.

Tabla 6-50: Demanda de referencia a 60°C

Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

**demanda de ACS**

Nombre

Propiedades básicas

Consumo total diario	<input type="text" value="112,00"/>	l/día
Temperatura de utilización	<input type="text" value="60,0"/>	°C
Temperatura del agua de red	<input type="text" value="12,8"/>	°C

Ilustración 6-18: Propiedades básicas de la demanda de ACS en CALENER VYP.



## 7. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.

### 7.1. NORMATIVA.

En el **Real Decreto 235/2013**, del 5 de abril, por el que se aprobó el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, dice que:

*Artículo 1*, el **certificado de eficiencia o certificado energéticos** trata de un documento, con carácter oficial, donde se incluye información objetiva sobre las características energéticas del inmueble o sobre una parte de este (local, oficina etc.). Este documento deberá ser emitido por un técnico superior (arquitecto o ingeniero) que calificará el gasto energético de la misma. Dicha eficiencia vendrá indicada a través de un código de letras, que determinaran la puntuación, desde la letra A, máxima eficiencia energética, a la G, la menos eficiente.

Contenido, *Artículo 6*:

- Identificación del edificio, referencia catastral.
- Indicar el procedimiento por el que se lleva a cabo la calificación energética.
- Indicación de la normativa sobre ahorro y eficiencia energética de aplicación en el momento de su construcción.
- Descripción de las características energéticas del edificio: envolvente térmica, instalaciones térmicas y de iluminación, condiciones normales de funcionamiento y ocupación, condiciones de confort térmico, lumínico, calidad de aire interior.
- Calificación de eficiencia energética, mediante la etiqueta energética.
- Para los edificios existentes presentar un documento de recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética. Las recomendaciones incluidas en el certificado de eficiencia energética abordarán:
  - ❖ Las medidas aplicadas en el marco de reformas importantes de la envolvente y de las instalaciones técnicas de un edificio.
  - ❖ Las medidas relativas a elementos de un edificio, independientemente de la realización de reformas importantes de la envolvente o de las instalaciones técnicas de un edificio.

Las recomendaciones incluidas en el certificado de eficiencia energética serán técnicamente viables y podrán incluir una estimación de los plazos de recuperación de la inversión o de la rentabilidad durante su ciclo de vida útil.
- Descripción de todas las pruebas realizadas y sus comprobaciones.
- Cumplimiento de los requisitos medioambientales.

Según el *Artículo 11*, el promotor o propietario del inmueble será el responsable de obtener el certificado y de conservar la documentación pertinente. Este certificado tendrá validez por 10 años, siendo responsabilidad del propietario del inmueble de proceder con su renovación llegado el momento, o bien pudiendo ser antes de esos 10 años en caso de que se hayan realizado reformas importantes dentro del inmueble.

En base al *Artículo 13*, todos los edificios o unidades de edificios con una titularidad privada, cuya extensión superficial útil total sea superior a 500m<sup>2</sup> y edificios o parte de ellos ocupados por autoridades, con una superficie total útil de más de 250m<sup>2</sup>, en los que

de forma habitual sean frecuentados por el público se verán obligados a exhibir la etiqueta de eficiencia energética, Ilustración 7-19, en un lugar destacado y visible.

El resto de los casos quedaran exentos de dicho deber:

- Edificios o monumentos con un valor arquitectónico o histórico.
- Edificios destinados a culto u otras actividades religiosas.
- Construcciones provisionales con menos de 2 años de utilización.
- Edificios industriales, de defensa y agrícolas.
- Edificios aislados con una superficie total inferior de 50m<sup>2</sup>.
- Edificios que se compren para reformas importantes o demoliciones.
- Edificios o partes de edificios existentes de viviendas, cuyo uso sea inferior a cuatro meses al año, o bien durante un tiempo limitado al año y con un consumo previsto de energía inferior al 25% de la que resultaría de su utilización durante todo el año, siempre que así conste mediante declaración responsable del propietario de la vivienda.

REBORDE DE LA ETIQUETA

CABECERA DE LA ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

ESCALA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

ESCALA DE A (MÁS EFICIENTE) A G (MENOS EFICIENTE)

REGISTRO

PIE DE ETIQUETA

BORDE INFERIOR DE LA ETIQUETA

TÍTULO DE LA ETIQUETA

CODIGO BIDI

ESQUINA DE LA ETIQUETA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

LOGOTIPO DE LA UNIÓN EUROPEA

ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente construcción / rehabilitación

Inerte aquí la normativa vigente

Tipo de edificio

Inerte aquí el tipo de edificio

Dirección

Inerte aquí la dirección

Municipio

Inerte aquí el municipio

C.P.

Inerte aquí el código postal

Referencia catastral

Inerte aquí la referencia catastral

C. Autónoma

Inerte aquí la C. Autónoma

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Consumo de energía kWh / m<sup>2</sup> año

Emissiones kg CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> año

A más eficiente

B

C

D

E

F

G menos eficiente

XX

XX

REGISTRO

Inerte aquí el número de registro

Inerte aquí la fecha como dd/mm/aaaa

Válido hasta dd/mm/aaaa

ESPAÑA

Directiva 2010 / 31 / UE

Ilustración 7-19: Las diferentes partes de una Etiqueta de Eficiencia Energética.

Incumplir la normativa, que se encuentre vigente en el *Artículo 18*, sobre el certificado acarrea sanciones. Dichas multas podrían oscilar desde unos 300€ hasta unos 6000€, teniendo en cuenta si se trata de una infracción leve, grave o muy grave.

### 7.2. CERTIFICADO ENERGÉTICO.



El certificado de eficiencia energética, como ya se ha mencionado anteriormente, contiene una escala para la calificación energética que va desde la A hasta la G, siendo A la máxima calificación, muy eficiente, y la G la peor de las calificaciones, muy deficiente.

*Ilustración 7-20: Wikipedia imágenes.*

En la mayoría de las Comunidades Autónomas de España, las viviendas se encuentran bajo una calificación E. Siendo además estas una referencia a la hora de obtener el consumo medio de los suministros del hogar. Obtener una calificación D o E, supone aprobar dentro de la valoración establecida como vivienda sostenible. En caso de una evaluación cuyo resultado sea de F o G, esto supone que la vivienda está realizando un consumo superior a la media, siendo poco o nada eficiente, y necesitando de intervenciones. Los valores A, B y C supone que se trata de una vivienda altamente eficiente y que se ajusta a los criterios de sostenibilidad, obteniendo un gran ahorro.

Estar dentro de una u otra calificación se traduce básicamente en un ahorro energético, que a su vez se convierte en ahorro económico.

En base a datos proporcionados por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), *el gasto medio en España por los suministros se sitúa entrono a los 60€ por mes.*

- **A** supondría un gasto mínimo en la factura, por tanto, nos cobrarían algo poco más que el mero mantenimiento y el establecimiento del servicio → 35 €.
- **B** supone gastar bastante menos que la media, aunque sin alcanzar el mínimo. Es decir, → 35 a 45 €.
- **C** supone gastar por debajo de la media, pero acercándonos a esta. → 45 a 55 €.
- **D** es la media tirando por lo bajo. → 55-60 €.
- **E** es la media tirando por lo alto → 60 a 65 €.
- **F** es un gasto que está por encima de la media establecida → 65-75 euros.
- **G** finalmente supone gastar “bastante” más que la media, por lo que hablamos de un gasto por encima de los 80 €.

*Si nos basamos en el gasto medio anual de calefacción, refrigeración y agua caliente, cuya media en España se sitúa en los 735 euros de gasto correspondientes a una calificación del tipo E.*

- *A y B se queda en unos 280 euros*
- *C pagaría entrono a 360 euros.*
- *D estaría en unos 465 euros.*
- *E la media 735 euros.*
- *F pagaría unos 1000 euros, 265 euros más que la media.*
- *G más del doble de la media nacional.*

### 7.3. VARIABLES ANALIZADAS.

El programa *LIDER-CALENER* obtiene el certificado de calificación energética de la vivienda a partir del análisis de variables, tales como:

- Energía final [kWh]

Energía consumida directamente por parte de los usuarios para los usos finales del edificio.

- Energía primaria [kWh]

Equivalente a la energía final consumida por el edificio encontrada en su estado original, es decir, sin haber sufrido procesos de transformación.

- Emisiones de CO<sub>2</sub> [kgCO<sub>2</sub>]

Emisiones asociadas a la energía primaria consumida debido al uso de las instalaciones del edificio.

- Agua caliente sanitaria (ACS).
- Climatización (Calefacción, refrigeración y ventiladores).
- Bombas y equipos auxiliares.
- Sistemas de condensación.
- Iluminación.

Los resultados de dichas variables se mostrarán finalmente en una tabla resumen dentro del certificado energético, junto con su letra correspondiente a la calificación.

Es importante recordar, que el certificado de la calificación energética obtenido por medio de la herramienta *CALENER*, muestra tanto una demanda como un consumo de refrigeración que no están definidos como sistema dentro de la vivienda. Esto es debido, a que dicho programa cuando se trabaja con una vivienda unifamiliar, no te da la opción de controlar la hora de encendido y apagado de los sistemas, por lo que el programa considera que la calefacción trabaja anualmente. Es por este motivo que existe una demanda de refrigeración que suplir.

#### 7.3.1. Factores de paso de energía y factores de emisión de CO<sub>2</sub>.

Con el fin de calcular las equivalencias de energía final en energía no renovable y en emisiones de CO<sub>2</sub>, *LIDER-CALENER* y *CALENER VYP* utilizan los factores de paso propuestos en el documento “*Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España*” recogido en el “*Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)*”.

Respecto al edificio objeto de estudio, el consumo en su gran mayoría es de gas natural para el funcionamiento de las instalaciones y, por otro lado, electricidad convencional peninsular para las luminarias y electrodomésticos.

Tabla 7-51: Factores de paso. Fuente: RITE.

Factores de conversión de energía final a primaria				
Fuente	Valores aprobados			Valores previos (****)
	kWh E.primaria renovable /kWh E. final	kWh E.primaria no renovable /kWh E. final	kWh E.primaria total /kWh E. final	
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,396	2,007	2,403
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,414	1,954	2,368
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,075	2,937	3,011
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,082	2,968	3,049
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,070	2,924	2,994
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,072	2,718	2,790
Gasóleo calefacción	(***)	0,003	1,179	1,182
GLP	(***)	0,003	1,201	1,204
Gas natural	(***)	0,005	1,190	1,195
Carbón	(***)	0,002	1,082	1,084
Biomasa no densificada	(***)	1,003	0,034	1,037
Biomasa densificada (pelets)	(***)	1,028	0,085	1,113

Factores de emisiones de CO2			
Fuente	Valores aprobados	Valores previos (****)	
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,357	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,331	0,649
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,833	0,981
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,932	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,776	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,721	
Gasóleo calefacción	(***)	0,311	0,287
GLP	(***)	0,254	0,244
Gas natural	(***)	0,252	0,204
Carbón	(***)	0,472	0,347
Biomasa no densificada	(***)	0,018	neutro
Biomasa densificada (pelets)	(***)	0,018	neutro

Cabe destacar que, al encontrarnos ante una vivienda unifamiliar, el programa calcula directamente tanto el consumo de energía primaria no renovable como las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, correspondientes a las instalaciones (calefacción, refrigeración y ACS). Por el contrario, estos valores correspondientes a la iluminación se tendrán que calcular manualmente utilizando dichos factores de paso. Esto es debido a que, el consumo de energía correspondiente a las luminarias es muy pequeño en comparación con el de las instalaciones.

- De energía final a energía primaria no renovable:  

$$1,954 \times \frac{\text{kWh de energía primaria no renovable}}{\text{kWh de energía final}}$$
- De energía final a emisiones de CO<sub>2</sub>:  

$$0,331 \times \frac{\text{kg de emisiones de CO2}}{\text{kWh de energía final}}$$

## 7.4. RESULTADOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

Una vez definida la vivienda objeto con sus correspondientes materiales, elementos constructivos y sistemas, se inició la calificación energética de la misma.

La calificación de la vivienda es de una C, Ilustración 7-21 debido a que el valor que proporciona *CALENER VYP* es de 19,8 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Este valor corresponde a la suma de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la calefacción, refrigeración y ACS, en este caso. El consumo de energía dado por la refrigeración indica una demanda que hay que suministrar al sistema para compensar el funcionamiento de la caldera anualmente marcado por el propio programa.

A la hora de realizar el estudio energético de la vivienda, tanto la demanda como el consumo de refrigeración dado por el programa, no se tendrá en cuenta debido a que la vivienda no cuenta con ningún sistema de refrigeración (ventilación,etc.).

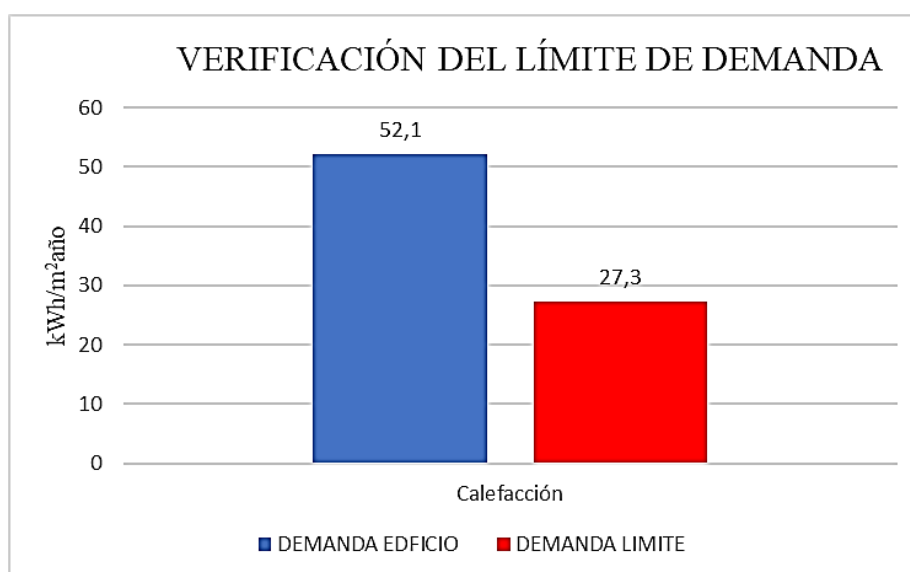


Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	Edificio Objeto		
<8,1 A	19,8 C		
8,1-13,1 B			
13,1-20,3 C			
20,3-31,1 D			
31,1-58,3 E			
58,3-73,4 F			
>73,4 G			
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	D	52,1	7152,2
Demanda refrigeración	G	2,4	335,8
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Consumo energía primaria no renovable calefacción	C	70,6	9686,8
Consumo energía primaria no renovable refrigeración	G	2,4	328,1
Consumo energía primaria no renovable ACS	D	20,9	2870,9
Consumo energía primario no renovable totales	D	93,9	12885,9
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	C	14,9	2051,3
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	G	0,4	55,6
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	C	4,4	608,0
Emisiones CO <sub>2</sub> totales	C	19,8	2714,9

Ilustración 7-21: Certificación energética de la vivienda objeto.

#### 7.4.1. Demanda de calefacción.

La calificación energética de la demanda de calefacción de la vivienda objeto es de D, siendo de 52,1 kWh/m<sup>2</sup> la demanda por metro cuadrado y la anual de 7152,2 kWh/año.

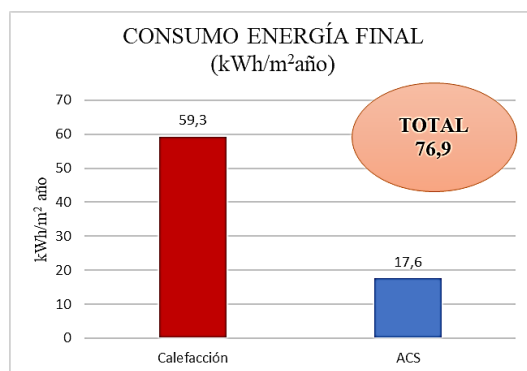


Gráfica 7-18: Verificación del límite de demanda.

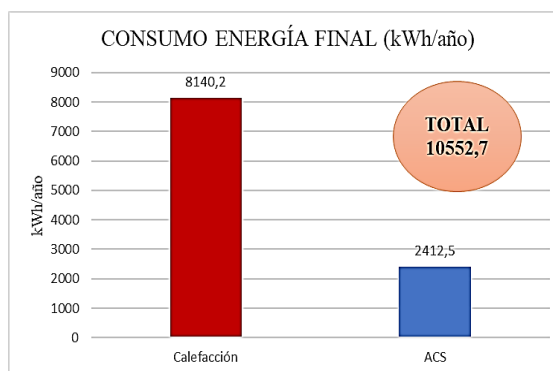
Tal y como indica la Gráfica 7-18 se puede observar que el valor de la demanda de calefacción ( $\text{kW/m}^2 \text{ año}$ ) es muy superior al valor límite de demanda, incrementándose aproximadamente un 90% del límite. Dicho valor corresponde a la demanda máxima de calefacción que debería de tener la vivienda objeto si se cumpliesen todos los requisitos del *Código Técnico de la Edificación (CTE)*. Cabe destacar, que al no ser una vivienda de nueva construcción era muy difícil cumplir este requisito, al ser cada vez más restrictivo.

## 7.4.2. Consumos de energía final.

Respecto a los consumos de energía final de las instalaciones de la vivienda, como era de esperar aproximadamente el 77% de la energía final va destinada a la calefacción y el 23% para el ACS. Es decir, la gran parte destinada a la climatización de la vivienda.



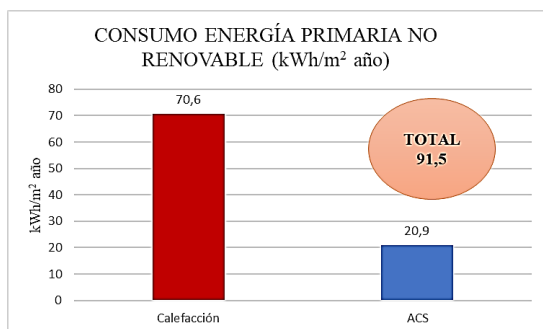
Gráfica 7-19: Consumos de energía finales por  $\text{m}^2$  anual.



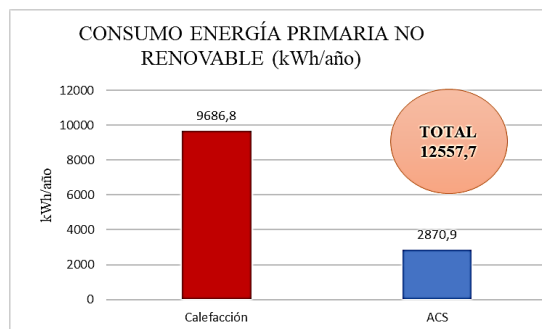
Gráfica 7-20: Consumos de energía final anual.

## 7.4.3. Consumos de energía primaria no renovable.

En cuanto al consumo de energía primaria no renovable, al igual que en el consumo de energía final, aproximadamente el 77% de la energía consumida para la calefacción y el 23% consumida por el ACS, proceden de fuentes de energías no renovables. La calificación energética en calefacción y ACS en cuanto al consumo de energía primaria no renovables es de C, y D, respectivamente. Obteniéndose una calificación total del apartado de D.



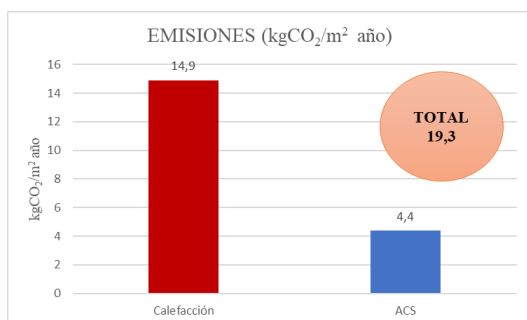
Gráfica 7-21: Consumo de energía primaria no renovable por m2 anual.



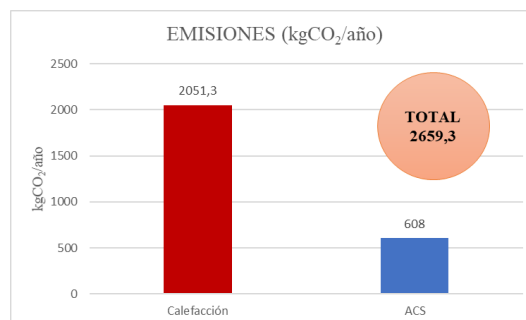
Gráfica 7-22: Consumos de energía primaria no renovable anual.

#### 7.4.4. Emisiones de CO<sub>2</sub>.

Finalmente, la última variable que analiza el programa para la obtención del certificado energético corresponde a las emisiones de CO<sub>2</sub>, la cual está asociada al consumo de energía primaria. En este apartado, se vuelve a observar que el 77% de las emisiones de CO<sub>2</sub> corresponden a la calefacción y el restante 23% al ACS. En este caso, la calificación energética de ambas es C, por ende, la total del apartado es la misma.



Gráfica 7-23: Emisiones por m2 anual.



Gráfica 7-24: Emisiones anuales.

Finalmente, se adjunta una tabla resumen dada por el programa de todos los valores obtenidos para el cálculo de la eficiencia energética de la vivienda objeto.

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Tabla 7-52: Tabla resumen sobre resultados demanda, consumos y emisiones.

	Edificio Objeto	
Demandas	kWh/m <sup>2</sup> año	kWh/año
Calefacción	52,1	7152,2
Refrigeración	2,5	335,8

	Edificio Objeto	
Consumos Energía Final	kWh/m <sup>2</sup> año	kWh/año
Calefacción	59,3	8140,2
Refrigeración	1,2	167,9
ACS	17,6	2412,5
Global	78,1	10720,6

	Edificio Objeto	
Consumos Energía Primaria No Renovable	kWh/m <sup>2</sup> año	kWh/año
Calefacción	70,6	9686,8
Refrigeración	2,4	328,1
ACS	20,9	2870,9
Global	93,9	12885,9

	Edificio Objeto	
Emisiones	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Calefacción	14,9	2051,3
Refrigeración	0,4	55,6
ACS	4,4	608,0
Global	19,8	2714,9

## 8. PROPUESTAS DE MEJORA.

Las propuestas de mejora tienen como objetivo principal la reducción de los consumos de energía final de las diferentes instalaciones implementadas en la vivienda de estudio, mediante la ejecución de técnicas o medidas de eficiencia energética. Como ya se mencionó, la reducción del consumo de energía final está relacionada con el descenso de las emisiones de CO<sub>2</sub>, y estas a su vez con la calificación energética. Por todo esto, la meta será alcanzar la calificación energética A, es decir, llegar a convertir la vivienda objeto de estudio en una vivienda más económica y eficiente.

Para mejorar la calificación energética se debe incidir sobre los consumos de calefacción. Para ello, como primera opción, se pueden adoptar por medidas pasivas sobre la limitación de la demanda, estas medidas se implementarán en la parte *LIDER-CALENER*. Cabe destacar que los factores contribuyentes en la limitación de la demanda y sobre los que se podrá actuar dentro del rango de posibilidades serán los siguientes:

- Zona climática.
- Orientación.
- Envolvente térmica: elección de materiales.
  - Aislamientos:
    - Conductividad y transmitancia térmica.
  - Huecos: Vidrios y marcos.
    - Emisividad y rotura de puente térmico.
  - Fachada ventilada.
  - Voladizos.
- Renovaciones horarias.

Como segunda opción, se pueden adoptar medidas activas, que deberán actuar sobre la reducción del consumo, implementadas en *CALENER VYP*. Para ello habrá que sustituir las instalaciones de la vivienda por otras más eficientes. También, se podrá actuar sobre la iluminación, a pesar de lo que ya se mencionó en el apartado '*Iluminación*', la opción más atractiva para incrementar la eficiencia energética es la sustitución de todas las luminarias por sus equivalentes en LED. La última opción por considerar dentro de las medidas activas es el empleo de las energías renovables, con el fin de satisfacer parcial o totalmente la demanda energética de la vivienda. Esta opción deberá ser desarrollada dentro de la vivienda ya que según el "*Código Técnico de la Edificación (CTE)*" aproximadamente un 30% de la energía consumida debe proceder de fuentes de energías renovables. Se prevé que una nueva actualización de esa normativa este valor alcance el 50%, con el fin de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Cabe destacar que, por lo general, las medidas activas requieren de una mayor inversión, a pesar de que, en el caso de introducir fuentes renovables, el gobierno de cada Comunidad Autónoma (CCAA) ofrecerá una serie de subvenciones con el fin de que cada vez más y más usuarios opten por implementar dichas fuentes de energía en sus propias viviendas. Esto es una gran oportunidad para reducir considerablemente el consumo energético.

La solución óptima es apostar claramente por una mejora conjunta, es decir, mejoras que impliquen transformaciones tanto pasivas como activas. Sin embargo, todas las modificaciones que se quieran o sean necesarias realizar estarán directamente relacionadas con la rentabilidad económica de la inversión, por lo que será imprescindible

decantarse por aquellas que reduzcan considerablemente las emisiones de CO<sub>2</sub>, y además sean económicamente aceptables por el usuario.

Para definir de forma cuantitativa el ahorro energético obtenido por cada mejora será necesario transformar la energía consumida (kWh) en euros (€). Para ello se ha recurrido a *Eurostat Statics Explained*, que muestra las estadísticas de los precios de la electricidad de cada uno de los países de la Unión Europea. El valor recogido ha sido 0,2403 € por cada kWh de energía, siendo el coste medio de la energía en el año 2019. Este será utilizado para las mejoras en iluminación y electrodomésticos. Por otro lado, se utilizará el precio aproximado del gas natural, 0,079€ por cada kWh, para la caldera de gas natural. Finalmente, se tendrá en cuenta el precio de los pellets, en caso de introducir una caldera de biomasa, 0,057€ por cada kWh.

### 8.1. MEJORAS ASOCIADAS A LA ENVOLVENTE TÉRMICA.

La mayor parte de la energía de los hogares se disipa, esto se debe a un aislamiento deficiente. Por esta razón, es muy importante revisar el estado de las ventanas, muros, suelos y tejados, con el fin de controlar esa pérdida de energía.

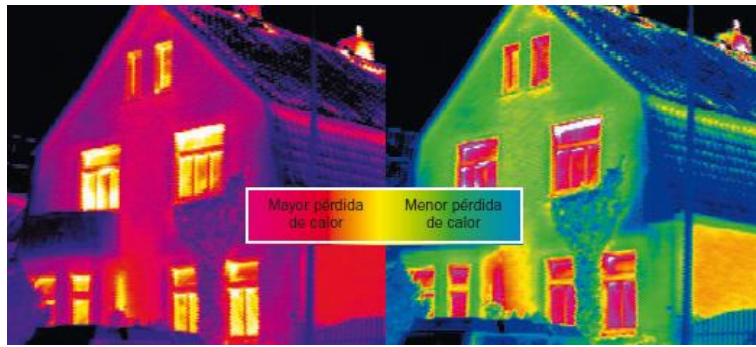
Este recurso es uno de los más caros, ya que, cambiar ventanas, revestir muros, tejados y suelos es un proceso que conlleva una gran inversión, pero que a largo plazo se notará el ahorro energético. Siendo además muy importante, ya que por mucho que se invierta en la climatización de la vivienda, si su aislamiento es inadecuado, consumiremos más energía de la que es necesaria. Por lo que esta mejora es una de las más importantes, y por tanto se debe de tener en cuenta desde el minuto cero.

**Aislamiento térmico inyectado en cámaras:** Se trata de un sistema muy rápido y cómodo y apenas necesita mano de obra. El inconveniente principal de este sistema es la uniformidad de la capa inyectada. En este sentido es muy recomendable usar fibra de celulosa frente a la espuma de poliuretano. La fibra de celulosa es más barata, más fácil de inyectar y más ecológica, es decir, necesita menos energía para su fabricación.



*Ilustración 8-22: Inyección de aislamiento de fibra de celulosa. Fuente: Arrevol Arquitectos.*

Para comprobar que la capa de aislante ha quedado uniforme, es decir, no haya puentes térmicos o zonas sin cubrir por el aislante, es recomendable comprobarlo mediante fotografías termográficas, que reflejan la temperatura de los objetos.



*Ilustración 8-23: Fotografía termográfica. Fuente: Arrevol Arquitectos.*

**Aislamiento térmico interior, trasdosados:** Este sistema es útil si se va a realizar una reforma integral en la vivienda. Se basa en la colocación de paneles aislantes, de celulosa, corcho, lana de roca, todo ello adosado a la fachada, que luego es recubierta por pladur, paneles de madera o ladrillo.



*Ilustración 8-24: Aislamiento térmico en cámara de fachada. Fuente: Arrevol Arquitectos.*

**Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE):** Esta es una de las mejores opciones de aislamiento térmico. Este tipo de aislamiento se realiza por la zona exterior del edificio, afectando a la estética de este. Se trata de la incorporación de paneles en toda la superficie exterior y recubierto después con diferentes tipos de acabado, como mortero monocapa o un aplacado de piedra. La principal ventaja de este sistema es que la colocación de los paneles no afecta al interior de la vivienda y que al recubrir toda la capa exterior del edificio, elimina la gran mayoría de puentes térmicos, si no todos. Y como inconveniente, limita el diseño exterior de la fachada de los edificios.





*Ilustración 8-25: Aislamiento térmico exterior. Fuente: Arrevol Arquitectos.*

**Aislar techos y suelos (evitar puentes térmicos):** Esta práctica se basa en el aislamiento de techos, mediante la incorporación de aislamiento térmico en el falso techo o reforzando el aislamiento de la cubierta.



*Ilustración 8-26: Aislamiento mediante paneles de fibra de celulosa bajo cubierta. Fuente: Arrevol Arquitectos.*



*Ilustración 8-27: Aislamiento térmico mediante lana de roca en falso techo. Fuente: Arrevol Arquitectos.*

**Trasdosados directos (OSB, corcho):** Otra alternativa consiste en pegar directamente sobre las caras interiores paneles aislantes, al mismo tiempo estos pueden servir de



acabado o como base para el mismo. Se utilizarán materiales que ya por naturaleza sean aislantes y que cuenten con rigidez, es decir, que no necesiten un recubrimiento protector adicional. Los más recomendables son fibras de madera (paneles OSB) o paneles de corcho. Esta elección es mucho menos aislante que las anteriores, dependiendo a su vez del espesor de los paneles. Sin embargo, supone una solución sencilla y barata.



Ilustración 8-28: Trasdoso mediante corcho decorativo. Fuente: Arrevol Arquitectos



Ilustración 8-29: Trasdoso mediante paneles OSB. Fuente: Arrevol Arquitectos.

Tras estudiar y analizar cada uno de los métodos mencionados anteriormente para la mejora de la envolvente térmica, la más óptima es la primera, aislamiento térmico inyectado en cámaras. Es el método más recomendable cuando no se puede hacer un sistema SATE porque no se permite actuar por el exterior. La SATE, siempre es la primera opción para valorar, debido que evita todo tipo de puentes térmicos. En este caso, a partir de una matriz de decisión, decidiremos el tipo de aislamiento a utilizar.

Tabla 8-53: Matriz de decisión de aislamientos térmicos.

PROPIEDADES	CELULOSA	POLIURETANO	LANA MINERAL	LANA DE VIDREO	FIBRA POLIESTER
Genera gases peligrosos en contacto con el fuego					
Monolítico sin uniones					
Se ajusta a la geometría del parámetro					
Higroscópico, toma y cede humedad del ambiente					
Propiedades acústicas y térmicas estables					
Se adhiere al sustrato					
Se compacta en el tiempo					
Alta eficiencia al aislamiento acústico					
Alta eficiencia al aislamiento térmico					
Instalado por personal especializado					
Precio	€€	€	€	€	€€

El objetivo es buscar aislantes térmicos que disminuyan la transmitancia térmica de los muros de fachada que dan al exterior, de las medianeras, de los forjados internos y los de la cubierta.

Cabe destacar que, el edificio cuenta ya con un buen aislante térmico de baja conductividad térmica, como es el poliuretano expandido. Por lo que, mediante el método de inyección del aislamiento térmico en cámaras introduciremos dos variedades de aislantes. En primer lugar, la fibra de celulosa, con unas muy buenas propiedades térmicas y acústicas. En segundo lugar, la espuma de poliuretano, una opción más barata que la anterior, el cual posee unas propiedades ignífugas malas, por lo que puede resultar peligroso en caso de incendio, sin embargo, posee una alta eficiencia al aislamiento térmico.

## 8.1.1. Propuesta 1: Introducción de fibra de celulosa como aislante de la envoltura térmica.

### 8.1.1.1. Descripción de la propuesta.

La fibra de celulosa es un material aislante de muy buena calidad y muy económico. Posee una conductividad térmica lo suficientemente pequeña para ser uno de los aislantes térmicos más utilizados. A pesar de sus excelentes cualidades aislantes, éstas con el paso del tiempo se deterioran. Según SOCYR (Servicios Orientados Construcción y Rehabilitación) se puede llegar a perder hasta un 20% de su volumen, por lo que a la hora de introducirlo se deberá de contar con un margen de hasta el 25%. Además, la celulosa tiene buenas propiedades de absorción de hasta un 15%, acumulando 1% de humedad al año. Esto conlleva el aumento de la conductividad térmica en 1-2,5%. Para evitarlo, la capa de aislamiento de celulosa debe de estar correctamente ventilada para evaporar dicha humedad.

Al no contar el programa *LIDER-CALENER* con este aislante, se introdujeron las características manualmente.

Tabla 8-54: Características de la fibra de celulosa.

MATERIAL	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD ( $\lambda=W/mk$ )	DENSIDAD ( $d=Kg/m^3$ )	CAPACIDAD CALORÍFICA ( $c_p=J/KgK$ )
Fibra de celulosa	0,05	0,039	45	2110

Con la introducción de dicho aislante, mejoran considerablemente las transmitancias térmicas, por lo que se cumplirá con la normativa, *Tabla 6-5*.

Tabla 8-55: Comparación de las transmitancias térmicas usando fibra de celulosa.

CERRAMIENTO	TRANSMITANCIAS TÉRMICAS W/m <sup>2</sup> k	
	U original	U modificada
Muro exterior	0,49	0,3
Medianeras	1,01	0,44
Forjado interior	0,6	0,34
Cubierta	0,38	0,26

#### 8.1.1.2. Comparación de los resultados obtenidos.

- Calificaciones energéticas parciales y finales.

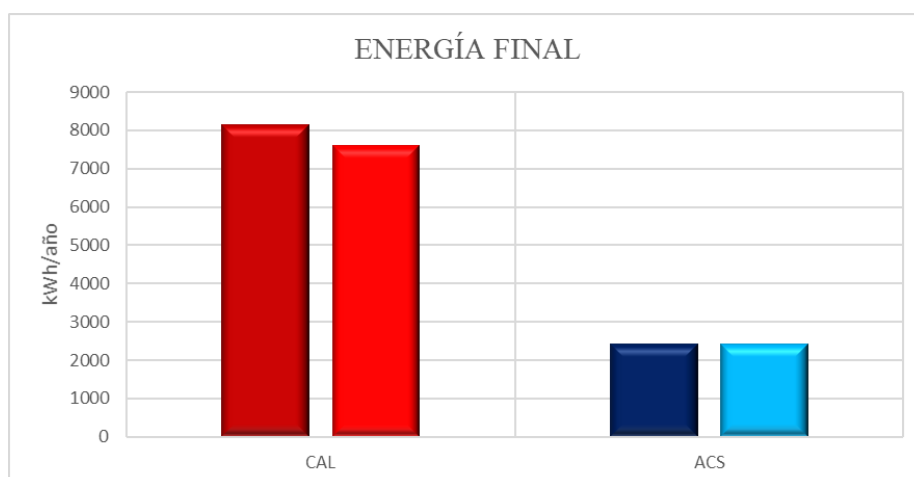
Tabla 8-56: Calificaciones energéticas parciales y finales. Propuesta 1.

SISTEMAS	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>				CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	
	O	M	DIF.	% DIF.	CAL O	CAL M
CAL	14,9	14	-0,9	-6,04	C	C
ACS	4,4	4,4	0	0,00	C	C
<b>Total</b>	<b>19,3</b>	<b>18,4</b>	<b>-0,9</b>	<b>-4,66</b>	<b>C</b>	<b>C</b>

- Consumos de energías finales y emisiones de CO<sub>2</sub> anuales.

Tabla 8-57: Consumos de energías finales y emisiones de CO<sub>2</sub> anuales. Propuesta 1.

SISTEMAS	ENERGÍA FINAL kWh/año				EMISIONES DE CO <sub>2</sub> kg/año			
	O	M	DIF.	% DIF.	O	M	DIF.	% DIF.
CAL	8140	7617,5	-522,5	-6,42	2051,3	1919,6	-131,7	-6,42
ACS	2412,5	2412,5	0	0,00	608	608	0	0,00
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>10030</b>	<b>-522,5</b>	<b>-4,95</b>	<b>2659,3</b>	<b>2527,6</b>	<b>-131,7</b>	<b>-4,95</b>



Gráfica 8-25: Comparación de las energías finales. Propuesta 1.

- Coste económico en energía.

Tabla 8-58: Coste económico en energía.

SISTEMAS	O kWh	O €	M kWh	M €	€ DIF.
CAL	8140	643,06	7617,5	601,78	-41,28
ACS	2412,5	190,59	2412,5	190,59	0
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>833,65</b>	<b>10030</b>	<b>792,37</b>	<b>-41,28</b>

## 8.1.1.3. Presupuesto.

AISLAMIENTO TÉRMICO DE FIBRA DE CELULOSA			
Descripción	Precio Unitario	Cantidad (m <sup>2</sup> )	Total (€)
Inyección de Fibra de Celulosa, espesor de 50mm. Incluye:		232,29	3.134,99 €
Limpieza y preparación de la cámara	1,30		
Inyección de Fibra de celulosa (densidad 45kg/m <sup>3</sup> )	9,50		
Mano de obra	1,25		
Gastos generales (12%)	1,45		
<b>Total Partida</b>	<b>13,50</b>		

## 8.1.1.4. Resumen de la propuesta de mejora.

Como consecuencia de la mejora, el ahorro económico en energía será de unos **41,28€/año**. La inversión inicial que realizar será de **3134,99€**.

El consumo de energía final total se reduce en torno al **4,95%**, que en términos de consumo corresponden a **522,5 kWh** menos al año con respecto a la vivienda objeto.

Con respecto a la calefacción, la reducción será del **6,42%**, unos **522,5 kWh** menos al año.

El consumo de ACS no se verá modificado.

Se evitará con esta mejora unas emisiones de **131,7 kg de CO<sub>2</sub>** al año.

Aun con todas estas mejoras positivas, la calificación energética de la vivienda sigue siendo de **C**.

### 8.1.2. Propuesta 2: Introducción de poliuretano como aislante de la envoltura térmica.

#### 8.1.2.1. Descripción de la propuesta.

El poliuretano es un tipo de aislante térmico y acústico. Éste tiene muy buen comportamiento térmico, sin necesidad de contar con un gran espesor. Al tratarse de una espuma, es un material ligero, además evita la entrada de humedad al interior, pudiéndose acoplar a todo tipo de superficies. Su instalación es de forma sencilla y rápida.

Las características de este aislante sí aparecen en el programa, siendo:

Tabla 8-59: Características del poliestireno extruido.

MATERIAL	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD ( $\lambda=W/Mk$ )	DENSIDAD ( $d=Kg/m^3$ )	CAPACIDAD CALORÍFICA ( $cp=J/KgK$ )
Poliuretano	0,1	0,025	35	1674

Como era de esperar, igual que en la propuesta anterior y en mayor medida disminuyen los valores de las transmitancias térmicas, cumpliendo con la normativa, Tabla 6-5.

Tabla 8-60: Comparación de las transmitancias térmicas usando poliestireno extruido.

CERRAMIENTO	TRANSMITANCIAS TÉRMICAS $W/m^2K$	
	U original	U modificada
Muro exterior	0,49	0,25
Medianeras	1,01	0,33
Forjado interior	0,6	0,27
Cubierta	0,38	0,22

#### 8.1.2.2. Comparación de los resultados obtenidos.

- Calificaciones energéticas parciales y finales.

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

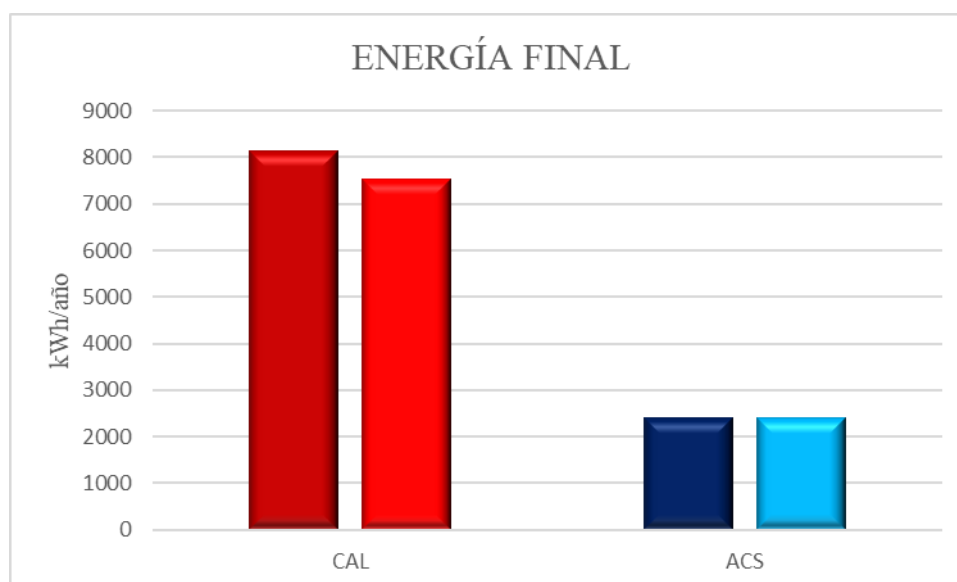
Tabla 8-61: Calificaciones energéticas parciales y finales. Propuesta 2.

SISTEMAS	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>				CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	
	O	M	DIF.	% DIF.	CAL O	CAL M
CAL	14,9	13,8	-1,1	-7,38	C	C
ACS	4,4	3,9	-0,5	-11,36	C	C
<b>Total</b>	<b>19,3</b>	<b>17,7</b>	<b>-1,6</b>	<b>-8,29</b>	<b>C</b>	<b>C</b>

- Consumos de energías finales y emisiones de CO<sub>2</sub> anuales.

Tabla 8-62: Consumos de energías finales y emisiones de CO<sub>2</sub> anuales. Propuesta 2.

SISTEMAS	ENERGÍA FINAL kWh/año				EMISIONES DE CO <sub>2</sub> kg/año			
	O	M	DIF.	% DIF.	O	M	DIF.	% DIF.
CAL	8140	7539,2	-600,8	-7,38	2051,3	1899,9	-151,4	-7,38
ACS	2412,5	2412,5	0	0,00	608	608	0	0,00
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>9951,7</b>	<b>-600,8</b>	<b>-5,69</b>	<b>2659,3</b>	<b>2507,9</b>	<b>-151,4</b>	<b>-5,69</b>



Gráfica 8-26: Comparación de las energías finales. Propuesta 2.

- Coste económico en energía.

Tabla 8-63: Coste económico en energía. Propuesta 2.

SISTEMAS	O kWh	O €	M kWh	M €	€ DIF.
CAL	8140	643,06	7539,2	595,60	-47,46
ACS	2412,5	190,59	2412,5	190,59	0
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>833,65</b>	<b>9951,7</b>	<b>786,18</b>	<b>-47,46</b>

### 8.1.2.3. Presupuesto.

AISLAMIENTO TÉRMICO DE POLIURETANO			
Descripción	Precio Unitario	Cantidad (m <sup>2</sup> )	Total (€)
Inyección de Espuma de poliuretano, espesor de 50mm. Incluye:		232,29	2.458,56 €
Limpieza y preparación de la cámara	1,30		
Inyección de poliuretano (densidad 50 kg/m <sup>3</sup> )	6,90		
Mano de obra	1,25		
Gastos generales (12%)	1,13		
Total Partida	10,58		

### 8.1.2.4. Resumen de la propuesta de mejora.

Como consecuencia de la mejora, el ahorro económico en energía será de unos **47,46€/año**, a partir de una inversión de **2458,5€**.

El consumo de energía final total se reduce en torno al **5,69%**, que en términos de consumo corresponden a **600,8 kWh** menos al año con respecto a la vivienda objeto.

Con respecto a la calefacción, la reducción será del **7,38%**, unos **600,8 kWh** menos al año.

El consumo de ACS no se verá modificado.

Se evitará con esta mejora unas emisiones de **151,4 kg de CO<sub>2</sub>** al año.

Aun con todas estas mejoras positivas, la calificación energética de la vivienda sigue siendo de **C**.

## 8.2. MEJORAS ASOCIADAS A LA ILUMINACIÓN.

La iluminación de una vivienda unifamiliar no supone un elevado consumo energético en comparación con la calefacción, electrodomésticos, ACS, etc. Es por esta razón que, en el CTE, no es necesario calcular la eficiencia energética de la iluminación en la vivienda. Sin embargo, en este caso particular, la iluminación original corresponde a lámparas fluorescente, por lo que genera la necesidad de plantear una rehabilitación que suponga la sustitución de las luminarias actuales por otras más modernas y sobre todo más eficientes.

Las inversiones de nuevas luminarias de tipo LED en viviendas unifamiliares no suponen un elevado gasto, debido a que el número de éstas es reducido.

Cabe destacar que, esta inversión es imprescindible realizarla en una vivienda ya que se adquirirá una mejor calidad de iluminación y un gran ahorro. Si se cambia cada bombilla por su equivalente en LED, se podría conseguir hasta un ahorro de energía del 86% por cada una. Aplicándolo en la factura de luz, sería una reducción bastante importante del consumo, que dependerá del número total de bombillas de la vivienda.

## 8.2.1. Propuesta 3: Sustitución total de la iluminación de la vivienda por LED.

### 8.2.1.1. Descripción de la propuesta.

Esta mejora implica la sustitución total de las lámparas fluorescentes por lámparas de tipo LED. La tecnología LED permite iluminar con la misma intensidad o incluso con mayor los espacios anteriormente iluminados con bombillas convencionales, consumiendo una menor electricidad y con una vida útil más prolongada. Además, estos equipos no precisan de balasto, es decir, un equipo auxiliar para su encendido, por lo que permiten la reducción de potencia en más de la mitad. Esto último dependerá del tipo de las características de la luminaria y del tipo de fabricante.

Las luminarias LED se elegirán con la finalidad de garantizar la seguridad, el confort y el estilo. Por esta razón, se recurrió a la *Tabla 8-64* en la que se muestra una aproximación de la cantidad de intensidad lumínica (lux) necesaria en cada espacio y para algunas tareas típicas de casa

*Tabla 8-64: Intensidad lumínica recomendada por estancia.*

Actividad/Habitación	Lux
Luz solar (directa)	32000–100000
Luz diurna (no del sol directamente)	10000–25000
Luna llena	1
Cocina (general)	108
Cocina (para tareas)	538
Comedor	54
Cuarto	54
Cuarto (tareas)	323
Escritorio	431
Dormitorio	54
Dormitorio (para leer)	431
Mesilla de noche	431
Cuarto de baño	54
Cuarto de baño (tareas)	323
Cuarto de lavandería	323
Pasillos	54
Para coser	538
Garaje	108



En función de la superficie de cada uno de los espacios y los valores correspondientes a la intensidad lumínica, se calculará el flujo luminoso total (lumen), necesario para la elección de la luminaria óptima y eficiente para cada espacio.

Tabla 8-65: Flujo luminoso total por estancia.

ESPACIO	SUPERFICIE (m2)	FLUJO LUMINOSO TOTAL (lumen)
GARAJE	31,05	3353,4
ESCALERA	4,93	266,22
BAÑO 1	2,5	135
ESPEJO	0,5	161,5
COCINA	6,51	703,08
DISTRIBUIDOR	3,01	162,54
ESCALERA	4,22	227,88
HALL	2,14	115,56
SALON-COMEDOR	16,09	868,86
BAÑO 2	3,6	194,4
DISTRIBUIDOR	4,29	231,66
DORMITORIO 1	11,33	611,82
DORMITORIO 2	10,23	552,42
BAÑO 3	3,42	184,68
ESPEJO	0,5	161,5
DORMITORIO 3	13,39	723,06

A continuación, se mostrará una tabla con las características de las luminarias LED a instalar.

Tabla 8-66: Características de las luminarias LED.

MODELO	POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO(lumen)	EFICIENCIA	UNIDADES	USO
Osram SubstiTUBE Value EM 16.2 865 120cm   Luz de Día - Cebador LED incl. - Reemplazo 36W	16,2	1700	A+	2	GARAJE
Philips Classic LEDlustre E14 P45 4.3W 827 Opaco   Reemplazo 40W	4,3	470	A++	2	SALÓN-COMEDOR
Osram Parathom Retrofit Classic E27 P 1.5W 827 con Filamento   Luz muy Cálida - Reemplazo 15W	2,5	250	A++	9	BAÑO ESPEJO DISTRIBUIDOR/HALL
Osram Vintage 1906 LED E27 Globe 5W 818 con Filamento Negro   Luz muy Cálida - Reemplazo 12W	5	110	A	4	ESCALERAS
Sylvania RefLED GU10 ES50 6W 830 110D S   Luz Cálida - Reemplazo 50W	6	400	A+	2	COCINA
Philips Classic LEDspot E27 PAR20 6W 827 40D (MASTER)   Regulable - Reemplazo 50W	6	500	A++	4	DORMITORIO

Una vez definidas, se lleva a cabo el cálculo de la potencia total, la potencia instalada y la eficiencia energética de cada uno de los espacios iluminados en la vivienda. De la misma forma que en la Tabla 6-45, se calcula el consumo total diario en kWh, con el fin de poder observar el ahorro energético que supuso el cambio de las luminarias por LED.

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

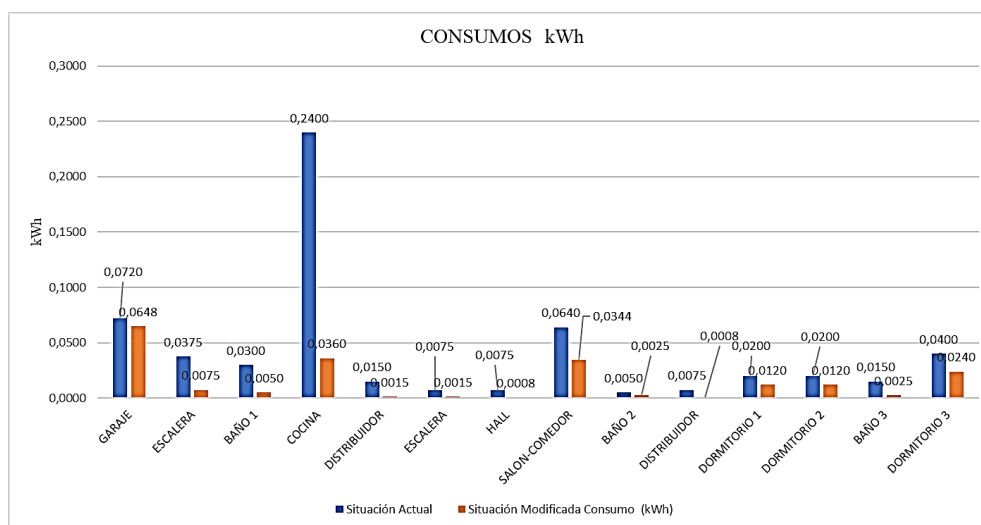
Tabla 8-67: Valores obtenidos de la VEEI mejorados.

ESPACIO	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	PERFIL DE USO	UNIDADES	TIEMPO (h)	POTENCIA TOTAL (W)	INSTALADA (W/m <sup>2</sup> )	CONSUMO (kWh)	VEEI
GARAJE	31,05	Habitable	2	2	32,4	1,04	0,0648	0,52
ESCALERA	4,93	Acondicionado	3	0,5	15	3,04	0,0075	2,03
BAÑO 1	2,5	Acondicionado	2	1	5	2,00	0,0050	1,33
COCINA	6,51	Acondicionado	2	3	12	1,84	0,0360	1,23
DISTRIBUIDOR	3,01	Acondicionado	2	0,3	5	1,66	0,0015	1,66
ESCALERA	4,22	Acondicionado	1	0,3	5	1,18	0,0015	0,79
HALL	2,14	Acondicionado	1	0,3	2,5	1,17	0,0008	1,17
SALON-COMEDOR	16,09	Acondicionado	2	4	8,6	0,53	0,0344	0,18
BAÑO 2	3,6	Acondicionado	1	1	2,5	0,69	0,0025	0,46
DISTRIBUIDOR	4,29	Acondicionado	1	0,3	2,5	0,58	0,0008	0,58
DORMITORIO 1	11,33	Acondicionado	1	2	6	0,53	0,0120	0,35
DORMITORIO 2	10,23	Acondicionado	1	2	6	0,59	0,0120	0,39
BAÑO 3	3,42	Acondicionado	2	0,5	5	1,46	0,0025	0,97
DORMITORIO 3	13,39	Acondicionado	2	2	12	0,90	0,0240	0,60
CONSUMO TOTAL DIARIO							0,21	

\*El VEEI es aproximado, ya que con los datos que se tienen no se puede calcular.

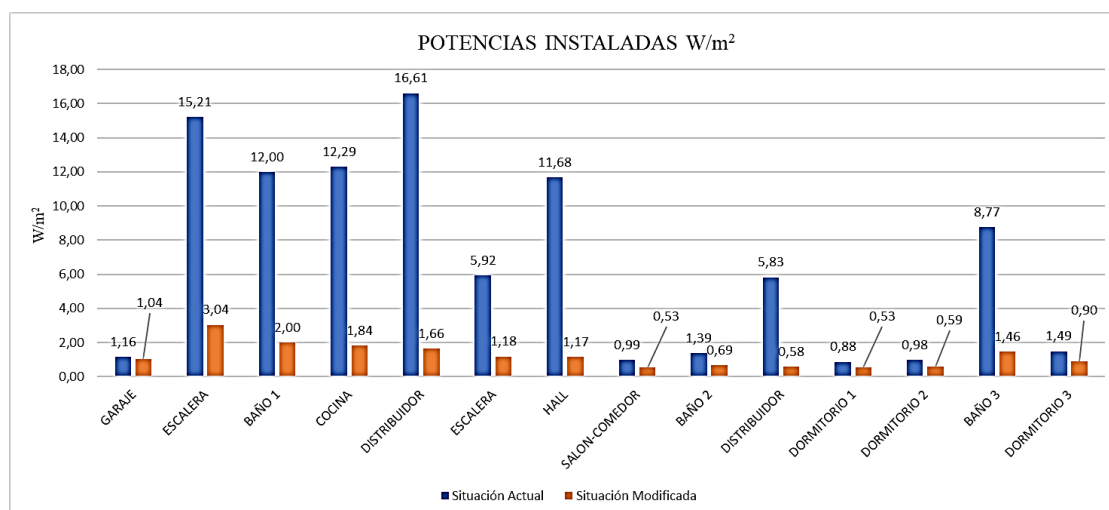
### 8.2.1.2. Comparación de los resultados obtenidos.

- Potencias por cada espacio.



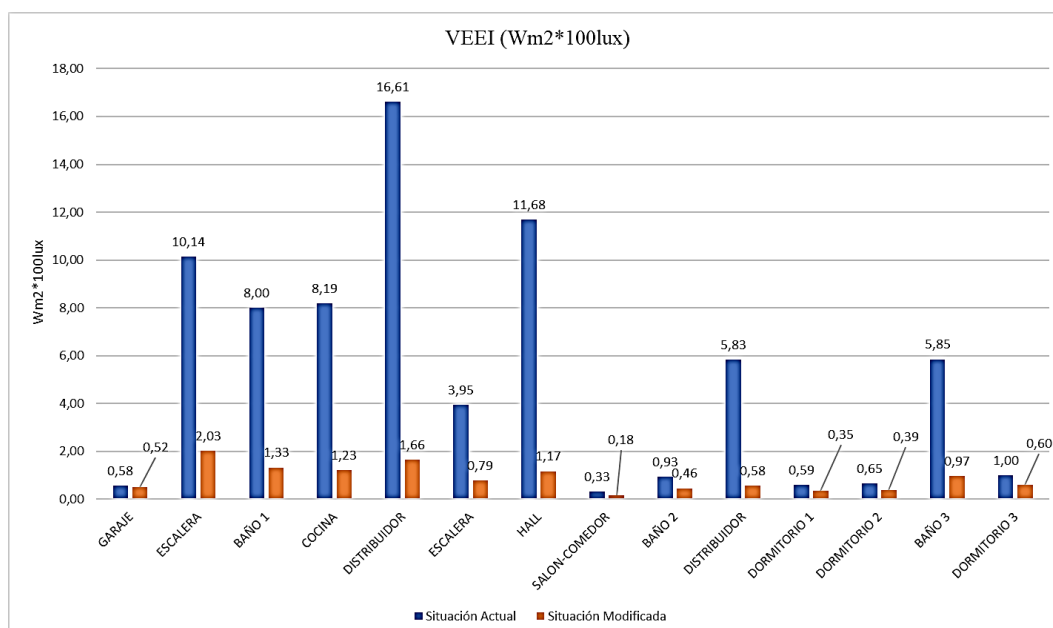
Gráfica 8-27: Potencias por cada espacio antes y después de la mejora.

- Potencias instaladas en cada espacio.



Gráfica 8-28: Potencias instaladas en cada espacio antes y después de la mejora.

- Eficiencia energética de cada espacio (VEEI).



Gráfica 8-29: Eficiencia energética de cada espacio (VEEI).

- Consumos de energía no renovable y emisiones de CO<sub>2</sub>.

Aplicando las fórmulas del Apartado 7.3.1 correspondientes a los factores de paso, se han obtenido los siguientes valores.

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Tabla 8-68: Consumos de energía no renovable y emisiones de CO<sub>2</sub>.

ILUMINACIÓN	Energía No Renovable KWh			
	O	M	DIF.	% DIF.
	1,14	0,23	-0,90	-79,48
	Emisiones de CO <sub>2</sub> Kg			
	O	M	DIF.	% DIF.
	0,19	0,04	-0,15	-79,48

- Coste económico en energía.

Tabla 8-69: Coste económico en energía.

SISTEMA	O kWh	€ O	M kWh	€ M	€ DIF.
ILU	0,58	0,14	0,21	0,05	-0,09

### 8.2.1.3. Presupuesto.

ILUMINARIAS			153,20 €
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Philips Classic LEDlustrer E14 P45 4.3W 827 Opaco Reemplazo 40W	2,00	2,88 €	5,76 €
Osram Parathom Retrofit Classic E27 P 1.5W 827 con Filamento   Luz muy Cálida - Reemplazo 15W	9,00	2,82 €	25,38 €
Osram Vintage 1906 LED E27 Globe 5W 818 con Filamento Negro   Luz muy Cálida - Reemplazo 12W	4,00	24,62 €	98,48 €
Sylvania RefLED GU10 ES50 6W 830 110D S   Luz Cálida - Reemplazo 50W	2,00	3,57 €	7,14 €
Philips Classic LEDspot E27 PAR20 6W 827 40D (MASTER)   Regulable - Reemplazo 50W	2,00	3,57 €	7,14 €
Osram SubstiTUBE Value EM 16.2 865 120cm   Luz de Día - Cebador LED incl. - Reemplazo 36W	2,00	4,65 €	9,30 €

### 8.2.1.4. Resumen de la propuesta de mejora.

Centrándonos en la iluminación, como consecuencia de la mejora propuesta, el ahorro energético será de **9 céntimos al día**, es decir, unos **33 € al año**. La inversión para realizar con dicha mejora será de **153,20€**.

Antes de aplicar la mejora el consumo energético, correspondiente a las luminarias, era de 0,58 kWh, tras ella el consumo se redujo un **36% (0,21kWh)**.

En cuanto al valor que marca la eficiencia energética de la instalación de iluminación, es decir el VEEL, se reduce considerablemente en todas las estancias, por lo que se **mejora la eficiencia de lumínica en todas las partes de la vivienda**. En especial, esta mejora se ve reflejada en las zonas tales como los distribuidores y escaleras, además de los baños y

la cocina. En las demás estancias, la potencia por unidad de superficie de las lámparas puestas actualmente se ajusta más a las necesidades. Aun así, la mejoría con las lámparas LED es muy evidente.

Respecto al consumo de energía no renovable, con la introducción de la mejora se verá reducido en un **79,48%**, suponiendo un consumo de **0,23 kWh** de energía procedente de fuentes no renovables.

Por otro lado, se tendrán unas emisiones de **0,04 Kg de CO<sub>2</sub>**, reduciéndose con respecto al de la situación inicial un **79,48%**.

### **8.3. MEJORAS ASOCIADAS A LOS ELECTRODOMESTICOS.**

Los electrodomésticos de las viviendas suponen una proporción importante del consumo de energía en los hogares.

Es de vital importancia tener en cuenta cuál es su funcionamiento para poder determinar correctamente su consumo. En algunos casos, como el frigorífico o el congelador, su consumo se extiende durante 24 horas al día los 365 días del año, por lo que, a pesar de presentar consumos instantáneos reducidos, su consumo global es muy destacado. Al contrario, el aire acondicionado, la lavadora, el horno o el microondas tienen periodos de funcionamiento bajos, pero la potencia que requieren es muy elevada.

El avance tecnológico producido durante los últimos años, con respecto a la mejora de la eficiencia energética de los electrodomésticos, hace que la compra de unos más modernos suponga importantes ahorros económicos, los cuales serán amortizados durante su vida útil.

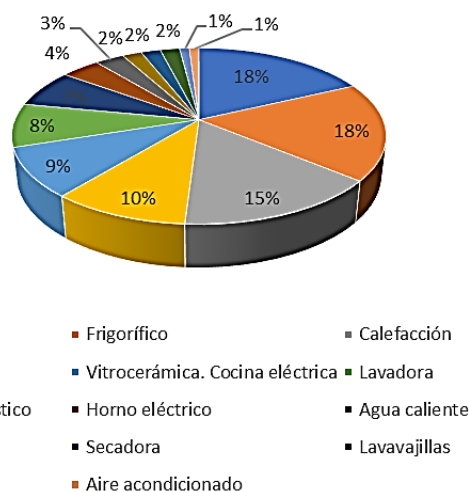
#### **8.3.1. Propuesta 4: Sustitución parcial de los electrodomésticos por otros más eficientes.**

##### *8.3.1.1. Descripción de la propuesta.*

Esta mejora implica la sustitución parcial de los electrodomésticos por otros más eficientes (A, A+, A++, A+++).

En primer lugar, se identifican los electrodomésticos que suponen un mayor consumo. Basándonos en la *Tabla 6-46*, correspondiente a los consumos eléctricos de los electrodomésticos presentes en la vivienda, y haciendo hincapié en diversos estudios que determinan que, incidiendo solo en algunos de ellos, se puede gestionar gran parte del porcentaje de potencia total.

### REPARTO DEL CONSUMO DOMÉSTICO



Gráfica 8-30: Reparto del consumo doméstico.

Tal y como se puede observar los electrodomésticos que más consumen en la vivienda objeto coinciden con el estudio. Por lo que, la propuesta de mejora consistirá en la sustitución del frigorífico, del televisor, de la vitrocerámica y de la lavadora.

Tabla 8-70: Consumo energético en la situación modificada.

CANTIDAD	HORAS	APARATO	POTENCIA (kW)	CONSUMO HOGAR DIA (kWdía)
1	1	Aspiradora Générica	0,7	0,7
1	0,16	Batidora, générica	0,25	0,04
1	0,16	Cadena de música/Equipo música, générico	0,08	0,0128
1	1	Cafetera générica	0,72	0,72
1	0,16	Calentador/calefactor	2	0,32
2	2	Cargador móvil, generico	0,00483	0,01932
1	0,1	Exprimidor, generico	0,45	0,045
1	2	<b>Extractor de humos</b>	<b>0,003</b>	<b>0,006</b>
1	2	<b>Vitrocreamica 21cm</b>	<b>0,85</b>	<b>1,7</b>
1	0,5	Freidora	1,1	0,55
1	0,5	Horno electrico generico	2,2	1,1
1	0,5	Impresora	0,032	0,016
1	1	<b>Lavadora generica</b>	<b>0,78</b>	<b>0,78</b>
1	1	Lavaplatos/ Lavavajillas genérico	1,5	1,5
1	0,16	Lector Reproductor cd/DVD	0,0122	0,001952
1	0,25	Microondas generico	1,1	0,275
1	24	<b>Nevera</b>	<b>0,026</b>	<b>0,624</b>
3	2	Ordenador	0,065	0,39
1	0,16	Plancha de vapor doméstica	1,5	0,24
1	24	Router ADSL/Wifi generico	0,01012	0,24288
1	0,16	Secador de pelo generico	0,825	0,132
1	1	Secadora	2	2
1	8	<b>TV</b>	<b>0,011</b>	<b>0,088</b>
1	1	Videoconsola, generica	0,018	0,018
CONSUMO TOTAL DIARIO				11,52

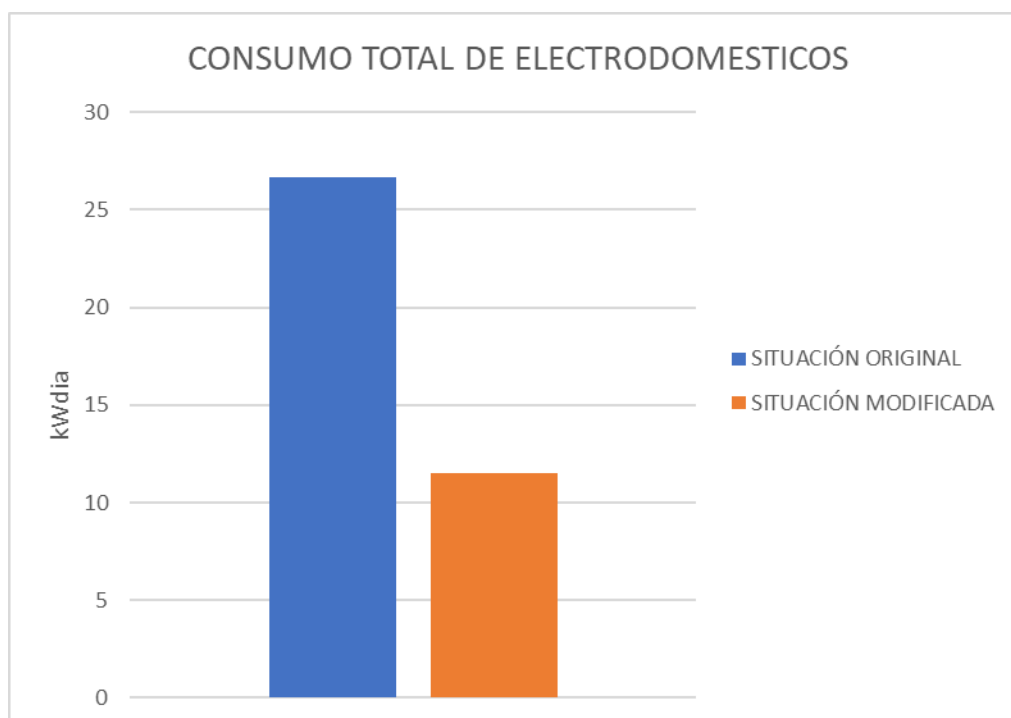
A continuación, se muestra una tabla comparativa de los electrodomésticos modificados, además de indicar su calificación energética.

Tabla 8-71: Comparación entre los consumos de los electrodomésticos la situación inicial y tras la mejora.

HORAS	ELECTRODOMESTICOS	SITUACIÓN ORIGINAL		SITUACIÓN MODIFICADA		
		Potencia (kW)	Consumo Hogar día (kWdía)	Potencia (kW)	Consumo Hogar día (kWdía)	Calificación Energetica
2	Extractor de humos	0,12	0,24	0,003	0,006	A+
2	Vitrocerámica 21cm	2,2	4,4	0,85	1,7	A+
1	Lavadora generica	1,5	1,5	0,78	0,78	A+++
24	Nevera	0,35	8,4	0,026	0,624	A++
8	TV	0,474	3,792	0,011	0,088	A++

### 8.3.1.2. Comparación de los resultados obtenidos.

- Consumos totales de los electrodomésticos.



Gráfica 8-31: Comparación del consumo de electrodomésticos.

- Consumos de energía no renovable y emisiones de CO<sub>2</sub>.

Aplicando las fórmulas del Apartado 7.3.1 correspondientes a los factores de paso, se han obtenido los siguientes valores.

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Tabla 8-72: Consumos de energía no renovable y emisiones de CO<sub>2</sub>. Propuesta 4.

ELECTRODOMESTICOS	Energía No Renovable kWh			
	O	M	DIF.	% DIF.
	52,08	22,51	-29,57	-56,78
	Emisiones de CO <sub>2</sub> Kg			
	O	M	DIF.	%DIF.
	8,82	3,81	-5,01	-56,78

- Coste económico en energía.

Tabla 8-73: Coste económico en energía. Propuesta 4.

Sistema	O kWh	€ O	M kWh	€ M	€ DIF.
Electrodomesticos	26,65	6,41	11,52	2,77	-3,64

### 8.3.1.3. Presupuesto.

ELECTRODOMÉSTICOS			2.600,70 €
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Campana decorativa rectangular 90cm, acero inox, BALAY 3BC997GX	1,00	404,10 €	404,10 €
Lavadora 8kg 1200rpm BALAY 3TS986BT	1,00	414,10 €	414,10 €
Frigorífico combinado, acabado en cristal 186x60cm Blanco BALAY 3KFE565W	1,00	967,50 €	967,50 €
TOSHIBA 58U2963DG	1,00	579,00 €	579,00 €
60cm vitrocerámica placa (3 zonas vitrocerámicas) BEKO HIC6340IT	1,00	236,00 €	236,00 €

### 8.3.1.4. Resumen de la propuesta.

La sustitución parcial de los electrodomésticos que más consumen por otros más eficientes supondrá un ahorro económico de unos **3,64 €/día**, aproximadamente **1328,6€/año**. Dicho ahorro económico conllevará una inversión de **2600,70€**.

Con la sustitución de 5 de los 25 electrodomésticos que cuenta la vivienda, el consumo energético se reduce más de la mitad, aproximadamente un **55,78%**. Siendo el consumo final de **11,52 kWh/día**.

Respecto al consumo de energía primaria no renovable, este se reduce unos 29,57kWh al día, lo que supone una disminución del **56,78%**.

Finalmente, las emisiones de CO<sub>2</sub> finales serán **3,81kgCO<sub>2</sub>**, lo que supone una disminución del **56,78%**.



#### 8.4. MEJORAS ASOCIADAS A LAS INSTALACIONES.

En la actualidad el uso de calderas de gas natural se ha impuesto en las viviendas. El incremento de la demanda energética de gas natural en los hogares ha crecido en los últimos años, suponiendo por el momento un 23% de la cobertura total de la demanda energética en hogares.

El mayor consumo de gas natural se registra en la calefacción, seguido del ACS, dependiendo de la zona climática. Además, el consumo de gas natural se ve más reflejado en viviendas unifamiliares que viviendas en bloque.

A pesar de que se prevén aumentos del consumo de gas natural, ya que se postula como uno de los combustibles de transición, hay que buscar alternativas más limpias. Para hacer viable este cambio, los gobiernos incentivan a los consumidores, por medio de subvenciones, a implantar sistemas de generación que usen fuentes de energías renovables como biomasa, aerotermia, solar-fotovoltaica, etc.

##### Aerotermia.

La solución de aerotermia se propone cuando se cumplen algunas de estas premisas:

- ✓ Cumplir normativa.
- ✓ Vivienda nueva con sistemas de baja temperatura (suelo radiante, radiadores de baja temperatura...)
- ✓ Sustitución de calefacción de radiadores eléctricos.
- ✓ Zona climática con inviernos no muy fríos ( $>-5^{\circ}\text{C}$ ).
- ✓ Demanda de climatización (calefacción en invierno y frío en verano).
- ✓ Reducir consumo energético.
- ✓ Dificultad en el suministro de combustibles fósiles.
- ✓ Poco espacio para la instalación.

Un sistema de aerotermia está compuesto por una unidad exterior y una unidad interior. La unidad exterior integra un grupo termodinámico que permite, a través del cambio de estado del líquido frigorífico, obtener el calor del aire y calentar el agua, bien directamente o transfiriéndoselo en la unidad interior. Gracias a su principio de funcionamiento, por cada kW eléctrico consumido nos genera de media 4 kW térmicos, es decir, 3kW térmicos los aprovecha del aire. De ahí su ahorro con respecto a otros sistemas de energía mediante combustibles fósiles. Pueden combinarse con otros sistemas, como calderas de gas, gasóleo, energía solar, biomasa, fotovoltaica...

Las ventajas principales de las bombas aerotérmicas son:

1. No utilizan un combustible que se deba almacenar o suministrar mediante una instalación específica.
2. Proceso de instalación y puesta en marcha más sencillo y seguro.
3. Mantenimiento menos exigente.
4. Puede cubrir la demanda de calefacción, agua caliente y refrigeración con el mismo equipo.

5. La ubicación del equipo no depende de la instalación de chimeneas. No genera gases ya que no se produce combustión.
6. Mejoran la calificación energética de la vivienda.

### **Geotermia.**

La solución de geotermia se propone cuando se cumplen algunas de estas premisas:

- ✓ Viviendas con grandes consumos de agua caliente y calefacción anuales.
- ✓ Aprovechamiento de recurso térmico.
- ✓ Subvención de apoyo a la geotermia.

La climatización geotérmica es un sistema de climatización (calefacción y/o refrigeración) que utiliza la gran inercia térmica (temperatura constante, dependiendo de los diferentes lugares, entre 10-16°C) del subsuelo a poca profundidad. Para ello, se utiliza una bomba de calor, que es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor de un ambiente a otro según se requiera. Su funcionamiento es similar a un aire acondicionado tradicional que funciona para frío o para calefacción. El subsuelo suele estar a una temperatura neutra todo el año (más fresco que el aire en verano y más templado en invierno), con lo que el rendimiento de la bomba de calor es muy alto al necesitar menos trabajo a la hora de realizar la transferencia de energía.

En función del tipo de captación, existen varias opciones de climatización geotérmica, tales como:

1. Captación horizontal.
2. Captación vertical.
3. Captación abierta en capa freática.
4. Aprovechamiento de agua de manantial.
5. Aprovechamiento de agua de río.
6. Aprovechamiento de aguas residuales.

### **Biomasa.**

La biomasa es la utilización de combustibles forestales o desechos naturales para el aprovechamiento mediante equipos de combustión aplicados a satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria, calefacción o ambas.

Dependiendo de las características del equipo de combustión podemos distinguir:

- ✓ Estufas y termoestufas.
- ✓ Calderas de Biomasa.
- ✓ Hogares o insertables.
- ✓ Equipos Policombustibles.

La solución de estufas o termoestufas se propone cuando se cumplen algunas de estas premisas:

- ✓ Calentamiento de espacios diáfanos que no superen los 100m<sup>2</sup>.
- ✓ Dar calidez a una determinada zona.
- ✓ Sustitución de la caldera existente por Termoestufa de pellets conectada a los radiadores.

- ✓ Como complemento de otros sistemas existentes.
- ✓ Calentamiento rápido.
- ✓ Para viviendas que no cuenten con ningún sistema de calefacción.
- ✓ Diferentes precios en función de la calidad de fabricación de los materiales y el nivel de ruido.
- ✓ No colocación en el interior de dormitorios.

La solución de calderas de biomasa se propone cuando se cumplen algunas de estas premisas:

- ✓ Sustitución de equipos que utilizan combustibles fósiles (Gas Natural, Propano y Gasóleo).
- ✓ Aprovechamiento de los recursos naturales cercanos (leña, astillas, hueso de aceitunas...).
- ✓ Mejora la calificación energética de la vivienda.
- ✓ Calentamiento de agua caliente mediante acumulación.
- ✓ Conexión con el sistema de calefacción existente.
- ✓ Disponer de espacio suficiente para la acumulación de Biomasa, aunque existen soluciones adaptadas.
- ✓ Ayudas a fondo perdido a este tipo de instalaciones, pudiendo llegar hasta un 50%.

La solución de hogares o insertables se proponen cuando se cumplen algunas de estas premisas:

- ✓ Calentamiento de espacios diáfanos que no superen los 60 m<sup>2</sup>.
- ✓ Dar calidez a una determinada zona.
- ✓ Posibilidad de que sean calefactores y de conectarse a los radiadores existentes.
- ✓ Posibilidad de calentar un acumulador de agua caliente.
- ✓ Como complemento de otros sistemas existentes.
- ✓ Para viviendas que no cuenten con ningún sistema de calefacción.
- ✓ Ideal para segundas viviendas.
- ✓ Disponibilidad de cocinas calefactoras.

La solución de equipos policombustibles se proponen cuando se cumplen algunas de estas premisas:

- ✓ Posibilidad de adquirir ofertas de varios combustibles en la zona.
- ✓ Mayor tiempo de cuidado del equipo.
- ✓ Mejora la calificación energética de la vivienda.
- ✓ Ayudas a fondo perdido a este tipo de instalaciones, pudiendo llegar hasta un 50%.
- ✓ Posibilidad de calentar un acumulador de agua caliente.
- ✓ Disponer de espacio suficiente.
- ✓ Suelen ser poco automáticas.

### **Solar fotovoltaica.**

La solución de solar fotovoltaica se propone cuando se cumplen algunas de estas premisas:

- ✓ Reducir el consumo eléctrico mediante autoconsumo solar.

- ✓ Mejorar la eficiencia energética de la vivienda.

Dentro de la solar fotovoltaica, existen dos alternativas:

- Autoconsumo fotovoltaico con placas solares.

Esta alternativa es una de las más utilizadas para generar energía eléctrica para la vivienda. Siendo la forma más rápida e inmediata de reducir la factura eléctrica de las viviendas. Dado que no necesitan de instalación de baterías, las instalaciones de autoconsumo solar son mucho más económicas y la inversión puede ser recuperada en un corto-medio periodo de tiempo.

- Generación de electricidad para zonas aisladas de la red eléctrica.

Este tipo de energía se utiliza principalmente para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución, aunque además permiten alimentar innumerables aplicaciones y aparatos autónomos, abastecer refugios de montaña o viviendas aisladas de la red eléctrica.

Los principales componentes que tenemos en una instalación fotovoltaica son los módulos, el cargador de baterías, las baterías y el inversor, que transforma la energía corriente continua, que nos da los paneles, en corriente alterna.

### **Solar térmica.**

La solución de solar térmica se propone cuando se cumplen algunas de estas premisas:

- ✓ Obligación normativa.
- ✓ Grandes consumos de agua caliente (Gimnasios, polideportivos, hoteles...).
- ✓ Combinación con otros sistemas para mejorar el rendimiento estacional de la instalación.

Su funcionamiento reside en el aprovechamiento del calentamiento directo solar gracias a unos captadores solares convenientemente dispuestos para almacenarlo en uno o varios acumuladores.

El agua caliente almacenada se puede utilizar como agua caliente sanitaria, calefacción mediante sistemas de baja temperatura o calentamiento directo para piscinas. Estos sistemas cuentan con un controlador que regulará la energía producida y aportada en función de los saltos térmicos que se tengan entre los diferentes puntos de consumo y los captadores.

Es importante destacar que, las instalaciones solares térmicas son obligadas por el Código Técnico de la Edificación, el cual exige un porcentaje de contribución solar en viviendas nuevas, reformas o piscinas climatizadas, que dependerá de la zona climática en la que se localice.

### **Bomba de calor (Aerotermia).**

La solución de bomba de calor se propone cuando se cumplen algunas de estas premisas:

- ✓ Opción principal para la sustitución de la contribución solar.
- ✓ Para pequeños y medianos consumos de agua caliente.
- ✓ Posibilidad de combinarla con otros sistemas para mejorar el rendimiento estacional de la instalación.

Las bombas de calor para agua caliente son básicamente acumuladores que pueden integrar un grupo termodinámico, que a través del cambio de estado del líquido frigorífico permite obtener el calor del aire, con el fin de calentar el agua del acumulador. Existen modelos que pueden tener el grupo termodinámico partido, aconsejadas cuando la instalación es complicada o el nivel de ruido es molesto.

En general, la instalación es sencilla, teniendo en cuenta la admisión y expulsión del aire intercambiado.

### **Caldera de condensación.**

Esta solución es proporcionada cuando se cumple con:

- ✓ Sustitución de caldera existente de cualquier tipo de combustible fósil.
- ✓ Redimensionar el sistema de radiadores y número de elementos que los forman, porque cuanto más baja sea la temperatura a la que funciona la caldera, más ahorro proporciona.
- ✓ Combinación con suelo radiante.
- ✓ Hibridación con otro sistema de energía renovable como la aerotermia.

La condensación es la tecnología de mayor rendimiento, también la más respetuosa con nuestro medio ambiente y la de menor consumo de gas genera en instalaciones de calefacción y agua caliente. Es capaz de consumir entre un 15% y 30% menos de gas, gracias a su aprovechamiento de calor.

Estos sistemas de condensación son adecuados para cualquier tipo de instalaciones (radiadores, suelo radiante). En todas ellas produce un ahorro de combustible. De hecho, cuanto mayor sea el consumo de calefacción, más rentable es su uso ya que su eficiencia se maximiza cuando la instalación trabaja a menor temperatura.

Presenta las siguientes ventajas:

1. Ahorro de hasta un 30% en la factura del gas al recuperar calor perdido. Tendrás que consumir menos gas para mantener la temperatura en tu casa.
2. Menos emisiones contaminantes al aumentar el rendimiento y consumir menos gas. Reduces las emisiones CO<sub>2</sub> y el consiguiente impacto medio ambiental.
3. Altos rendimientos.
4. Se utilizan también para la producción de ACS
5. Pueden regular la temperatura en función de la demanda energética.
6. Aptas para sistemas centralizados en edificios, viviendas unifamiliares o pisos.
7. Son las calderas más eficientes que puedes encontrar en el mercado.

### **Suelo radiante.**

El suelo radiante, se ha convertido en uno de los sistemas de calefacción más eficientes y que más confort proporciona. Consiste en una red de tubos de polietileno reticulado o polibutileno, que se instalan debajo del pavimento y de una capa de mortero autonivelante por donde circula agua caliente a una temperatura de entre 30°C y 45°C. Se trata del sistema de calefacción que emplea la temperatura de impulsión de agua más baja. Como referencia, una instalación de radiadores convencionales utiliza una temperatura de impulsión de agua de unos 70°C.

En este tipo de instalaciones, es muy importante:

1. Conseguir el caudal correspondiente según las pérdidas térmicas que tenga cada local.
2. Buena transmisión entre tuberías y mortero autonivelante.
3. Mortero autonivelante de alta conducción térmica.
4. Resistencia térmica alta de la plancha de suelo radiante.

5. Evitar puentes térmicos.
6. Mínimos saltos térmicos entre impulsión y retorno.
7. Buena regulación de temperaturas para evitar situaciones no confortables.

En la actualidad el suelo radiante puede instalarse prácticamente en cualquier obra o reforma, independientemente del tipo de suelo que se tenga o la altura final de la que se disponga. Incluso es posible instalarlo en pisos, ya sea mediante sistema seco o autonivelante.

### **Ventilación en viviendas.**

Una ventilación adecuada en las viviendas es un imprescindible. Por medio de una renovación de aire y una evacuación de las emanaciones evitamos una acumulación de la tasa de polución del aire interno y posibles efectos nefastos sobre la salud y confort. Entre los agentes contaminantes destacan mohos, vaho, CO<sub>2</sub>, olores.

En 2006 se implantó en el Código Técnico de la Edificación (CTE) el apartado HS3 de salubridad en referencia a la calidad del aire interior. Por ello, la ventilación en viviendas, edificios, almacenes, garajes, aparcamientos y trasteros ha de responder ante las exigencias reglamentarias.

De forma general la ventilación se realiza ‘abriendo las ventanas’ esto tiene varias desventajas, es una ventilación puntual, y localizada. La CTE define dos tipos de ventilación; Ventilación Híbrida y Mecánica.

- Ventilación híbrida:

Este sistema combina dos tipos de ventilaciones, la primera de ellas en la ventilación natural, siempre que existan condiciones óptimas de presión y temperatura. En segundo lugar, la ventilación con extracción mecánica, funcionando cuando las condiciones, por el contrario, sean desfavorables.

- Ventilación mecánica:

Este sistema se basa en el funcionamiento de aparatos electromecánicos. En este sistema no es necesaria la ventilación natural.

Pueden realizarse mediante:

- Simple Flujo Higrorregulable (Extracción mecánica y admisión natural).

El nuevo aire es admitido de forma natural por medio de las entradas de aire ubicadas encima de ventanas de dormitorios y salones. El aire viciado es extraído desde la cocina, baños y aseos por las bocas higrorregulables que se abrirán en función de la humedad ambiental, o por bocas temporizadas. Las bocas están conectadas al grupo mediante conductos aislados.

- Doble Flujo (Extracción y admisión mecánica).

Es un sistema de ventilación que asegura una calidad en el aire, a través de la extracción del aire viciado en las estancias húmedas (cocina, baños, aseos, lavaderos,). Simultáneamente asegura la insuflación de aire nuevo filtrado en las estancias secas (salón, comedor, dormitorios,). Este aire puede ser precalentado mediante un intercambiador. El aire nuevo y el aire extraído son filtrados.

### **Ventilación con Recuperación de Calor.**

Este sistema cuenta con un intercambiador de energía. Este es capaz de recuperar la energía que se encuentra contenida en el aire extraído. Así evitamos la pérdida de energía dedicada a aclimatar el interior de la vivienda. Recupera hasta un 90% del calor sensible.

#### 8.4.1. Propuesta 5: Sustitución de la caldera de gas natural por una caldera de biomasa.

Las calderas de biomasa estas diseñadas para dar servicio de calefacción y agua caliente sanitaria en viviendas unifamiliares y bloques de viviendas unifamiliares, los cuales disponen de espacio suficiente para su instalación (garajes).

Usan como combustible leña, pellet, huesos de aceitunas, combustibles renovables. Sin embargo, al igual que los combustibles fósiles, la combustión de biomasa produce emisiones contaminantes gaseosos o sólidos. La diferencia principal respecto a caldera convencional es que su eficiencia ronda el 95%, son muy seguras y las emisiones son reducidas.

##### 8.4.1.1. Descripción de la propuesta.

Se plantea la sustitución de la caldera de gas natural por otra de biomasa, para climatización y ACS. Cabe destacar, que no se propondrá la introducción de una caldera de biomasa de la misma potencia, 24 kW, que la caldera de gas natural. Esto se debe a que dicha caldera de gas natural se encuentra sobredimensionada, no ajustándose a las necesidades reales de la vivienda. Por esta razón, teniendo en cuenta las cargas térmicas ya calculadas, además de la superficie de la vivienda y de la zona climática en la que se encuentra, se propone la instalación de una caldera de biomasa de 10 kW.

La caldera de biomasa elegida será una **DOMUSA BIOCLASS NG 10 kW**, cuya potencia nominal es de 10,1 kW y su rendimiento a potencia nominal es de 93,5%. La potencia a carga parciales de 2,9 kW. En cuanto a sus dimensiones, son de 1310x543x730 (largo, ancho y profundo).

Respecto al almacenamiento de los pellets, dicha caldera está equipada con el sinfín de alimentación primarios, pudiendo incorporarle distintas capacidades de depósito de reserva de carga manual.

Además, esta caldera cuenta con un control electrónico, al tener un amplio rango de modulación y poder trabajar a baja potencia se reducen los ciclos de marcha/paro de la caldera evitando pérdidas. Por otro lado, controla la cantidad de aire que requiere en función de la cantidad de combustible para conseguir la temperatura deseada. De esta forma, se consiguen grandes ahorros en el consumo.

Respecto a la limpieza, esta caldera ya cuenta con un sistema automático para la limpieza de las cenizas, pudiéndose realizar la limpieza incluso con el quemador funcionando, lo que permite no alterar el confort de la instalación. [12]





*Ilustración 8-30: Caldera de biomasa marca DOMUSA BICLASS NG 10.*

Para el ACS, se implementará un acumulador serpentín S20, que también actúa como depósito de inercia. Para el dimensionamiento de este equipo cuando se encuentra junto a una caldera de biomasa se considera el criterio de 20-30 l/kW, por lo tanto, se planteará un **acumulador de 250L**. Posee un diámetro de 600mm y una altura de 1600mm. La temperatura máxima será de 90°C y tanto la presión máxima del depósito como la del serpentín será de 8 bar. Finalmente, posee una eficiencia C. [13]



*Ilustración 8-31: Acumulador serpentín S20 COBALLES.*

Una vez definidas las características de los dos equipos principales de la instalación, se explicará el funcionamiento de esta, mediante el esquema 5 del ANEXO.

En la caldera, los pellets son transportados hacia el quemador diseñado con un sistema de floración que permite una combustión sin turbulencias de los pellets. Los gases producidos durante la combustión pasan luego a través del cilindro de combustión



secundaria, hecho de acero inoxidable. El aire inyectado eleva la temperatura de los gases alcanzando estos los 800°C aproximadamente. De hecho, se trata de una caldera modulante, la cual utiliza los gases producidos por la combustión de la madera. Estos gases a una alta temperatura vuelven a recircular por el cilindro produciéndose así una combustión terciara. Por último, los gases pasan a través de los turbuladores del intercambiador transfiriendo la energía requerida.

Esa energía es captada por el circuito de agua primaria, que es llevado al acumulador de serpentín. Antes de esto, se propone la introducción de una válvula de tres vías. Esta válvula se utilizará para hacer retornar la cantidad necesaria de agua caliente, para evitar que el agua de vuelta del acumulador entre demasiado frio a la caldera, condense y forme ácidos que corroigan la caldera.

Una vez que el agua caliente del circuito primario llega al acumulador, por un lado, mediante una bomba se envía a los radiadores para calefacción, retornando el agua fría de nuevo al acumulador, siendo un circuito cerrado. Por otro lado, el agua sanitaria se calienta en el interior del depósito acumulador mediante un serpentín tubular por cuyo interior circula el agua del circuito primario, produciéndose de este modo el intercambio térmico. Este sistema tiene una gran ventaja, la cual es, evitar almacenar mucha cantidad de agua para prevenir completamente la legionela.

Otros elementos destacables de la instalación son los vasos de expansión. El objetivo de estos vasos es evitar posibles sobrepresiones dentro del circuito. Uno de ellos, perteneciente al circuito de calefacción, se encuentra a 3bares, esto es debido a que el agua circulante se encuentra a 1bar aproximadamente. Del mismo modo, en el circuito de ACS, el vaso de expansión se encuentra a 6 bares, ya que el agua circula aproximadamente a 3bares.

Para la simulación en *CALENER VYP*, se han mantenidos todos los parámetros definidos con anterioridad, excepto la caldera. Se implantará una caldera de 10,01 kW, con un rendimiento del 93,5% y que utiliza como combustible biomasa densificada (pellets).

Caldera

Nombre
SIS\_EQ1\_EQ\_Caldera-Convencional-Defecto

Propiedades básicas
Curvas

Capacidad Total

10,01

kW

Rendimiento nominal

0,935

Tipo energia

Biomasa densificada (pelet)

Multiplicador

1

Ilustración 8-32: Propiedades de la Caldera de Biomasa en CALENER VYP.

Por otro lado, se incluye un acumulador de serpentín de 250 litros, con una temperatura máxima y mínima de 80 y 60°C respectivamente.

**Acumulador de agua caliente**

Nombre:

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas |

Volumen del depósito en litros:  l

Coefficiente de pérdidas, UA:  W/°C

**Acumulador de agua caliente**

Nombre:

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas |

Temperatura de consigna alta del deposito:  °C

Temperatura de consigna baja del deposito:  °C

Ilustración 8-33: Propiedades básicas y avanzadas del Acumulador de inercia en CALENER VYP.

Todos los equipos mencionados serán instalados en el garaje, ya que cuenta con espacio suficiente, no siendo zona habitable y, por tanto, no interferirá en la vida cotidiana de los residentes.

## 8.4.1.2. Comparación de los resultados obtenidos.

- Calificaciones energéticas parciales y finales.

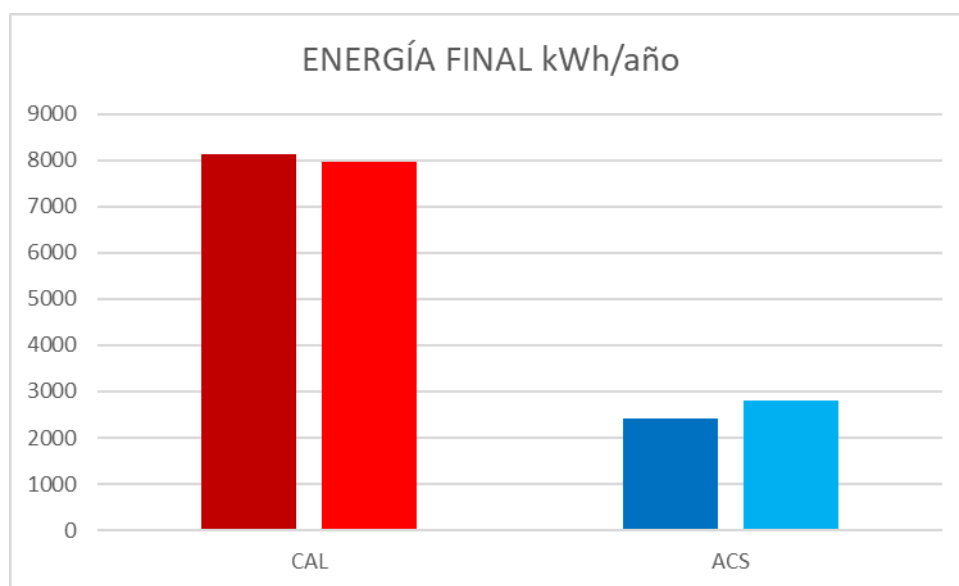
Tabla 8-74: Calificaciones energéticas. Propuesta 5.

SISTEMAS	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>				CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	
	O	M	DIF.	% DIF.	CAL O	CAL M
CAL	14,9	4,1	-10,8	-72,48	C	A
ACS	4,4	0,4	-4	-90,91	C	A
<b>Total</b>	<b>19,3</b>	<b>4,5</b>	<b>-14,8</b>	<b>-76,68</b>	<b>C</b>	<b>A</b>

- Consumos de energías finales y emisiones de CO<sub>2</sub> anuales.

Tabla 8-75: Consumos de energías finales y emisiones de CO2 anuales. Propuesta 5.

SISTEMAS	ENERGÍA FINAL kWh/año				EMISIONES DE CO2 kg/año			
	O	M	DIF.	% DIF.	O	M	DIF.	% DIF.
CAL	8140	7961,4	-178,6	-2,19	2051,3	565,2	-1486,1	-72,45
ACS	2412,5	2809,7	397,2	16,46	608	50,6	-557,4	-91,68
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>10771,1</b>	<b>218,6</b>	<b>2,07</b>	<b>2659,3</b>	<b>615,8</b>	<b>-2043,5</b>	<b>-76,84</b>



Gráfica 8-32: Comparativa de energías finales. Propuesta 5.

- Coste económico en energía.

Tabla 8-76: Coste económico en energía. Propuesta 5.

SISTEMAS	O kWh	O €	M kWh	M €	€ DIF.
CAL	8140	643,06	7961,40	453,80	-189,26
ACS	2412,5	190,59	2809,7	160,15	-30,4346
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>833,65</b>	<b>10771,10</b>	<b>613,95</b>	<b>-219,69</b>

## 8.4.1.3. Presupuesto.

CALDERA DE BIOMASA			3.699,00 €
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
<p>Suministro e instalación de conjunto DOMUSA BIOCLASS NG 10 con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Caldera de pellets Potencia útil 10 KW. Totalmente automática.</li> <li>Características adjuntas.</li> <li>-Depósitos de Pellet 46l (30kg).</li> <li>-Sin fin de alimentación.</li> <li>- Sistema antirretorno de llama.</li> <li>-Cenicero.</li> <li>-Quemador y Sistema de autolimpieza.</li> <li>-Bomba de circulación.</li> <li>-Válvula de seguridad.</li> <li>-Sistema de autolimpieza paso de humos.</li> <li>-Motor ventilador.</li> <li>-Purgador.</li> <li>-Flusestato.</li> <li>-Rejilla de carga.</li> </ul> <p>Control mediante termostato por planta con gestión Wifi.</p> <p>Válvula, mezcladora de tres vías para ACS</p> <p>Vaso de Expansión para calefacción</p>	1,00	2.879,00 €	2.879,00 €
<p>Suministro e instalación de salida de evacuación de humos desde caldera en tubo coaxial inox. de diam.150/200 mm, hasta cubierta. Incluido terminal y anillos para fijación a pared, abrazaderas, juntas y p.p. pequeño material. Totalmente instalado y funcionando.</p>	1,00	820,00 €	820,00 €

SALA TÉCNICA			2.732,01 €
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Suministro e instalación de <b>grupo de impulsión con bomba electrónica</b> , para impulsar a cada planta. Totalmente instalado y funcionando.	3,00	212,05 €	636,15 €
Deposito acumulador de instalación vertical con serpentín interior para producción de ACS fabricado en acero inoxidable duplex 2205	1,00	978,19 €	978,19 €
Vaso de Expansión de ACS de 25L	1,00	21,67 €	21,67 €
Partida de material para la conexión de los diferentes equipos que forman la instalación, incluyendo: valvulería, tubería y aislamiento, purgadores, llaves de paso, termómetros para control de temperatura, soldaduras, juntas y p.p. pequeño material. Totalmente instalado y funcionando.	1,00	956,00 €	956,00 €
Partida de instalación eléctrica de la instalación: Cuadro de protecciones, cableado eléctrico, cableado de control (a sondas, a actuadores, etc.) y p.p. pequeño material. Totalmente instalado y funcionando.	1,00	140,00 €	140,00 €
MANO DE OBRA			1.272,00 €
Descripción	Cantidad (h)	Precio Unitario	Total
Intalación y montaje de la caldera de biomasa y sala tecnica(Instalador y ayudante de Instalador) + Gastos de transporte.	48,00	26,50 €	1.272,00 €

#### 8.4.1.4. Resumen de la propuesta de mejora.

Como consecuencia de la mejora, el ahorro económico en energía será de unos **219,69€/año**. La inversión necesaria para la instalación de esta mejora será de **7703,01€**.

El consumo de energía final total aumenta en torno al **2,07%**, que en términos de consumo corresponden a **218,6 kWh** más al año con respecto a la vivienda objeto.

Con respecto a la calefacción, la reducción será del **2,26 %**, unos **178,6 kWh** menos al año.

El consumo de ACS se verá incrementado un **16,46 %**, es decir, **397,2 kWh** más al año, lo cual provoca el aumento del consumo de energía anual. Esto se debe a la introducción de un acumulador de inercia de 250 litros.

Se evitará con esta mejora unas emisiones de **2043,5 kg de CO2** al año. Este es el objetivo principal por cumplir con la introducción de una caldera de biomasa.

La calificación energética de la vivienda con la implantación de la caldera de biomasa será de **4,5 A**. Es importante destacar que, al introducir una caldera de biomasa en el programa, la calificación energética de la vivienda siempre será de A.

### **8.4.2. Propuesta 6: Sustitución de la caldera de gas natural por una de condensación y de los radiadores convencionales por suelo radiante.**

En los últimos años muchos son los que apuestan por eficiencia en sus sistemas de calefacción, los suelos radiantes ocupan un lugar destacado, convirtiéndose en la alternativa más óptima y ecológica.

Una de las razones principales para la elección de esta alternativa es su eficiencia y su posible combinación con sistemas renovables como la geotermia y la aerotermia. Además, una de sus mayores ventajas frente a otros es su homogeneidad en la temperatura conseguida, al estar repartido por el suelo, aportando bienestar y confort, y eliminando los puntos de calor concentrados que producen los radiadores. Otra ventaja sobre estos sistemas es que, el suelo radiante proporciona un espacio libre y sin obstáculos, ya que su instalación se encuentra oculta.

#### *8.4.2.1. Descripción de la propuesta.*

El suelo radiante trabaja a bajas temperaturas, por ello es necesario cambiar la caldera estanca que se tiene actualmente por una caldera de condensación. La caldera instalada es la siguiente: Caldera Junkers Cerapur Acu Smart ZWSB 24/30-4E, con unas dimensiones de 890 x 600 x 482 mm, con una potencia útil para calefacción y ACS de 24 y 30kW respectivamente. [14]



*Ilustración 8-34: Caldera de condensación*

Las calderas de condensación son, en este momento, las más eficientes del mercado, ya siendo capaces de recuperar el calor perdido, por ello, la necesidad de consumo es mucho inferior.

Para la simulación en CALENER VYP de la caldera de condensación se definieron los siguientes parámetros.

Caldera	
Nombre	SIS_EQ1_EQ_Caldera-Condensacion-Defecto
Propiedades básicas   Curvas	
Capacidad Total	24,00 kW
Rendimiento nominal	1,000
Tipo energia	Gas Natural
Multiplicador	1

Ilustración 8-35: Propiedades de la caldera de condensación en CALENER VYP.

Para la realización del estudio del suelo radiante, se comenzará por la elección y el cálculo de los elementos constructivos tales como, el armario de colectores, paneles aislantes, etc. Dicho cálculo será necesario para la realización del presupuesto.

A continuación, también se mostrará el cálculo de los caudales necesarios para cada uno de los circuitos, junto con las pérdidas de carga. Estos caudales serán necesario conocerlos para el equilibrado hidráulico.

La instalación del suelo radiante viene procedida de un estudio en el que se indique la ubicación de los colectores, el número de circuitos, su trazado y la distancia entre los tubos.

Antes de realizar la instalación del suelo radiante, las paredes, los marcos de las puertas deben de estar terminadas, además de la instalación eléctrica, de agua y desagües. Por otro lado, es necesario que el forjado este nivelado y limpio.

Desde el colector, se distribuye el agua a los circuitos de cada espacio climatizado. El colector incluye tanto la ida como el retorno. La ida esta provista de un caudalímetro para el ajuste del caudal, y en el retorno, está provisto de una válvula manual de apertura y cierre. Dichas válvulas estarán automatizadas mediante cabezales electrotérmicos controlados por termostatos de ambiente. Por otro lado, cada colector viene provisto de una válvula de corte, además de purgadores, los cuales expulsan los gases generados en los circuitos y válvulas de vaciado, que permiten el vaciado del agua de los circuitos cuando se realizan las operaciones de mantenimiento.

El colector se colocará en una caja, en un lugar de fácil acceso. Se suele recomendar que esté a unos 50 cm del forjado.

Sera importante tener en cuenta, que, en sótanos o estancias por debajo del nivel del terreno, se colocara un film antihumedad a lo largo del forjado que actuara como barrera

antihumedad. En el caso de estudio, se colocará prodex en la planta baja, que actuará como aislante térmico, con el fin de conseguir un mayor ahorro energético. El cálculo del **prodex** se realizará mayorando la superficie total de la planta baja, en este caso la mayoración es del 15%, obteniéndose un valor de **35 m<sup>2</sup>**.

Otro elemento para destacar será la **banda perimetral**, la cual es una cinta esponjosa cuya función es absorber las dilataciones y contracciones del suelo radiante cuando este varía su temperatura. La banda perimetral se extiende a lo largo de las paredes, marcos de puertas, columnas, pilares, etc. Sabiendo que 1 rollo de banda perimetral es aproximadamente de 50 m<sup>2</sup> y que la superficie total a calefactar es de 76,5 m<sup>2</sup>, se podrá decir que se necesitarán **1,5 rollos**.

Por otro lado, el panel aislante evita las pérdidas de energía contribuyendo a que el calor ascienda hacia el espacio climatizado. Es importante tener en cuenta que, a la hora de elegir qué tipo de panel aislante a instalar, es necesario recurrir a la norma UNE EN 1264. Esta establece que la resistencia térmica debe ser como mínimo de 0,75m<sup>2</sup>K/W entre espacios calefactados, 1,25m<sup>2</sup>K/W entre espacios no calefactados o en contacto con el terreno, o en espacios en voladizos en función de la temperatura exterior.

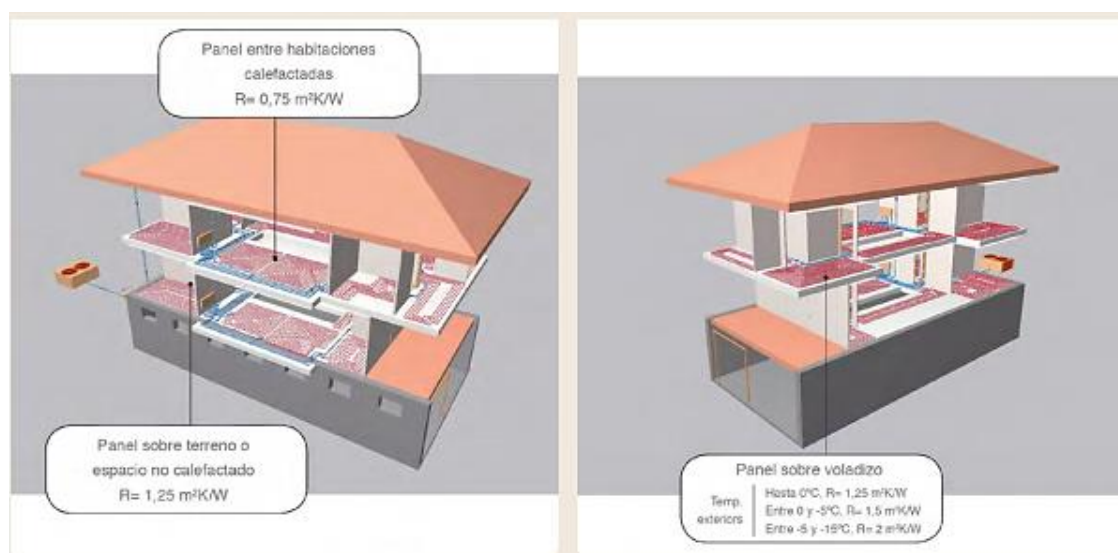


Ilustración 8-36: Resistencias térmicas mínimas. Fuente: norma UNE EN 1264.

Debido a esta normativa se utilizarán diferentes paneles aislantes en función de si la zona calefactable se encuentra por encima o no de una zona calefactable, siendo los paneles aislante seleccionados los siguientes: [15]

- Para la **planta baja** se utilizará un panel aislante liso **LUA30** con una resistencia termica de 1,35 m<sup>2</sup>K/W y un espesor de 30mm.  
El cálculo de la superficie de dicho panel aislante se obtiene mayorando la superficie de la planta un 10%, obteniéndose unos **33 m<sup>2</sup>**.
- Para la **primera planta y la planta bajo cubierta** se utilizará un panel aislante liso **LUA20** con una resistencia termica de 0,75 m<sup>2</sup>K/W y un espesor de 20mm.  
El cálculo de la superficie de este panel aislante se obtiene de la misma forma que la anterior, quedando un valor de **50 m<sup>2</sup>**.



Encima de estos paneles, se encontraran los tubos. Al haber elegido como panales aislantes, lo tipo lisos, los tubos iran fijados a este mediante **grapas**. Se supondrán que por cada metro de tubo se utilizarán 3 grapas, obteniendose un valor de **3060 grapas**.

La energia del agua que circula por las tuberias es la que sirve para calentar o enfriar el espacio climatizado. Se emplearan tuberias de polietileno reticulado que cuentan con barrera antioxigeno evitando la oxidacion de las partes metalicas de la instalacion. Estas tuberias se dispondrán por encima del panel aislante respetando su distribucion, la longitud y la distancia entre ellos previamente definidas.

La unión del tubo al colector se realizará mediante **racores (adaptadores)**. Por cada circuito se tendrán 2 racores, uno para unir al colector de ida y el otro, para el colector de retorno. Si el número de circuitos es de 12, el total de racores sera de **24**.

Además, al utilizar tuberias de polietileno reticulado sera necesaria la introduccion de una series de **codos** para conseguir que a la salida del colector formen un angulo de 90° con la pared. El cálculo del número de codos, se realizará de la misma forma que en el caso de los racores, obteniendose un valor de **24 codos**.

Se deberán colocar juntas de dilatación en los pasos de puertas, de manera que absorban las dilataciones y contracciones del mortero. Estas se realizarán con la misma banda perimetral y un soporte para que se mantengan en vertical.

Para realizar el control de la temperatura de cada una de las estancias se instalarán una serie de termostatos, en el salón-comedor, cocina y dormitorios.

A continuación, se muestra una tabla resumen de los diferentes componentes necesarios para la instalación del suelo radiante.

Tabla 8-77: Componentes necesarios para la instalación del suelo radiante.

RESUMEN INSTALACIÓN	
TOTAL METROS A CALEFACTAR	76,5
TOTAL METROS TUBO	1020
TOTAL MANTA	3
ROLLO PERIMETRAL	1,53
TOTAL PLANCHAS	2,7
TOTAL PRODEX	35
TOTAL COLECTORES	3
TOTAL CIRCUITOS	12
GRAPAS	3060
TOTAL CABEZALES	12
TOTAL TERMOSTATOS	5
TOTAL CODOS	24
TOTAL RACORES	24

El llenado de la instalación debe realizarse circuito a circuito. Se procede conectando una manguera de llenado al colector inferior y una manguera de vaciado al colector superior. Se cierran todos los circuitos excepto el que se quiera llenar y se abre el grifo de llenado y desagüe. El agua de llenado desplaza el aire expulsandolo por la manguera de desagüe, quedando el circuito completamente llenado, cuando el grifo de desagüe expulse un chorro de agua continuo.

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Según la norma EN-1264, es obligatorio realizar una prueba de presión al menos a 6 bar durante 24 horas.

A continuación, se verterá el mortero con su aditivo fluidificante favoreciendo su exparcido y reduciendo su porosidad, además de optimizando la transferencia del calor.

Transcurridos unos 28 días del vertido del mortero, se colocará el pavimento.

Con la instalación en funcionamiento, se procederá al equilibrado hidráulico de la instalación para que el calentamiento de cada estancia sea uniforme, atendiendo a los caudales calculados a continuación.

Para el cálculo de dichos caudales, se deberá tener en cuenta en primer lugar el balance térmico de la instalación (cargas térmicas), calculado en apartados anteriores.

Una vez obtenido las pérdidas de calor totales, se procederá a la obtención de la *temperatura superficial del pavimento*, la cual es función únicamente de la carga térmica y, por ende, de la temperatura interior de la estancia, mediante la siguiente fórmula.

$$Q_p = \alpha \times (T_{ms} - T_i) \quad [16]$$

Siendo:

$Q_p$ : Carga térmica ( $W/m^2$ ).

$\alpha$ : Coeficiente de transmisión de calor del suelo, su valor para las temperaturas de funcionamiento del suelo radiante varía entre 10 y 12  $W/m^2\text{°C}$ .

$T_{ms}$ : Temperatura media superficial del pavimento ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$T_i$ : Temperatura interior de la estancia ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Tabla 8-78: Cálculo de la temperatura media superficial.

	Estancias	TEMPERATURA MEDIA SUPERFICIAL					
		Superficie ( $m^2$ )	Pérdidas (W)	Carga térmica ( $W/m^2$ )	$\alpha$ suelo [ $W/m^2\text{°C}$ ]	Temperatura interior ( $^{\circ}\text{C}$ )	Temperatura media superficial [ $T_{ms}$ ] ( $^{\circ}\text{C}$ )
PLANTA BAJA	Salón-Comedor	16,09	1561,72	97,06	12,00	21,00	29,09
	Baño	2,50	115,25	46,10	12,00	21,00	24,84
	Distribuidor	3,01	137,74	45,76	12,00	21,00	24,81
	Hall	2,14	97,92	45,76	12,00	21,00	24,81
	Cocina	6,51	701,89	107,82	12,00	21,00	29,98
PRIMERA PLANTA	Dormitorio_1	11,33	1103,26	97,38	12,00	21,00	29,11
	Dormitorio_2	10,23	795,00	77,71	12,00	21,00	27,48
	Distribuidor	4,29	196,31	45,76	12,00	21,00	24,81
	Baño	3,60	874,77	242,99	12,00	21,00	41,25
PLANTA BAJO CUBIERTA	Dormitorio_3	13,69	1005,80	73,47	12,00	21,00	27,12
	Baño	3,42	824,00	240,94	12,00	21,00	41,08

Conociendo la resistencia térmica del suelo, se podrá calcular el siguiente parámetro, *temperatura media del agua en el interior de los tubos emisores*, por medio de la fórmula siguiente:

$$T_{ma} = Q_p \times R_{se} + T_{ms} \quad [16]$$

Siendo:

$T_{ma}$ : Temperatura media del agua en los tubos emisores ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$Q_p$ : Carga térmica ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

$R_{se}$ : Resistencia térmica de la solera emisora ( $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$ ).

$T_{ms}$ : Temperatura media superficial.

Los valores de la resistencia térmica de la solera emisora se podrán obtener a partir de la siguiente tabla:

Tabla 8-79: Valores de la resistencia térmica de la solera emisora. Fuente: [16].

TIPO DE PAVIMENTO	ESPEJOR DE PAVIMENTO (cm)	RESISTENCIA TÉRMICA DE LA SOLERA EMISORA ( $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$ )	TIPO DE PAVIMENTO	ESPEJOR DE PAVIMENTO (cm)	RESISTENCIA TÉRMICA DE LA SOLERA EMISORA ( $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$ )
Parquet	1,2	0,132	Baldosa	2,0	0,062
Parquet	1,5	0,152	Mármol	3,0	0,052
Parquet	2,2	0,202	Terrazo	1,5	0,052
Tarima	2,0	0,252	Mosaico	2,5	0,102
Corcho	1,0	0,182	Linóleo	0,2	0,052

A continuación, se deberá calcular la *temperatura de impulsión del agua a los tubos emisores*, la cual, depende directamente de la temperatura media del agua en los tubos emisores. Es por ello por lo que, realizando el promedio de las temperaturas media del agua y, teniendo en cuenta el salto térmico entre la impulsión y retorno, se podrá obtener dicho valor:

$$T_{ia} = T_{ma} + \frac{\Delta T}{2} \quad [16]$$

Siendo:

$T_{ia}$ : Temperatura de impulsión de agua a los tubos emisores ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$T_{ma}$ : Temperatura media del agua en los tubos emisores ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$\Delta T$ : Salto térmico entre impulsión y retorno ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Dicho parámetro será imprescindible a la hora de la puesta en marcha de la instalación, debido a que será la temperatura que deberá ajustarse con los elementos de control.

# EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Tabla 8-80: Cálculo de la temperatura de impulsión del agua.

	Estancias	TEMPERATURA DE IMPULSIÓN DEL AGUA				
		Tipo de pavimento	Rmat [m <sup>2</sup> °C/W]	Resistencia termica solera [m <sup>2</sup> °C/W]	Temperatura media del agua (°C)	Tr [°C]
PLANTA BAJA	Salón-Comedor	Parquet 12 mm	0,09	0,14	42,35	32,35
	Baño	Baklosa 20 mm	0,02	0,07	27,91	17,91
	Distribuidor	Parquet 12 mm	0,09	0,14	31,06	21,06
	Hall	Parquet 12 mm	0,09	0,14	31,06	21,06
	Cocina	Baklosa 20 mm	0,02	0,07	37,17	27,17
PRIMERA PLANTA	Dormitorio_1	Parquet 12 mm	0,09	0,14	42,42	32,42
	Dormitorio_2	Parquet 12 mm	0,09	0,14	38,09	28,09
	Distribuidor	Parquet 12 mm	0,09	0,14	31,06	21,06
	Baño	Baklosa 20 mm	0,02	0,07	57,43	47,43
PLANTA BAJO CUBIERTA	Dormitorio_3	Parquet 12 mm	0,09	0,14	37,16	27,16
	Baño	Baklosa 20 mm	0,02	0,07	57,12	47,12
					Tma	39,35
					Temperatura de Impulsion del Agua (Tia)	44,35

Por tanto, teniendo en cuenta los resultados anteriores podemos decir que, el *caudal de agua* que circula a través de un circuito de tubos emisores se obtiene a partir de la siguiente formula:

$$Ca1 = 0,86 \times \frac{Qcir1}{Ce \times \Delta T} [16]$$

Siendo:

*Ca1*: Caudal de agua necesario en el circuito considerado (l/h).

*Qcir*: Carga térmica del circuito considerado (W/m<sup>2</sup>).

*Ce*: Calor específico del agua, se considera un valor de 1kcal/kg°C.

*ΔT*: Salto térmico entre impulsión y retorno (°C).

De esta última formula, se puede observar que, el caudal necesario será mayor a medida que aumenta la carga térmica, y, por el contrario, se reducirá a medida que aumente el salto térmico.

Tabla 8-81: Cálculos de los caudales de agua.

	Estancias	CÁLCULO CAUDAL DE AGUA		
		A*	Q[W]	Caudal de circulación [l/h]
PLANTA BAJA	Salón-Comedor	19,31	1874,06	161,17
	Baño	3,00	138,30	11,89
	Distribuidor	3,61	165,29	14,21
	Hall	2,57	117,50	10,11
	Cocina	7,81	842,27	72,44
PRIMERA PLANTA	Dormitorio_1	13,60	1323,91	113,86
	Dormitorio_2	12,28	954,00	82,04
	Distribuidor	5,15	235,57	20,26
	Baño	4,32	1049,72	90,28
PLANTA BAJO CUBIERTA	Dormitorio_3	16,43	1206,96	103,80
	Baño	4,10	988,80	85,04

Después de calcular todos estos parámetros, se deberá de realizar la definición geométrica y constructiva del suelo radiante.

En primer lugar, teniendo en cuenta la superficie de cada una de las estancias, se definirá el número de circuitos necesarios. El criterio que seguir será que la longitud del circuito no podrá sobrepasar los 100 metros, para reducir al máximo las pérdidas de rozamiento en la instalación. Esto indicará que se instalaran 1 circuito aproximadamente por cada 10m<sup>2</sup>.

Otro parámetro a tener en cuenta es la distancia entre tubos (paso). Lo más habitual es considerar para el salón-comedor, dormitorios y cocina un paso de 10cm, para el baño, 5cm y, por último, para los distribuidores, hall y pasillos, 15cm.

La longitud del circuito de tubos emisores se calcula a través de la siguiente formula:

$$L = \frac{A}{d} + 2 \times l \quad [16]$$

Siendo:

*L: Longitud total del circuito (m).*

*A: Superficie del local a calefactar (m<sup>2</sup>).*

*d: Distancia entre tubos(paso) (m).*

*l: Distancia entre el área a calefactar y el colector (m).*

En caso de que el valor obtenido sobrepasara el criterio de 100m, habría que dividir el trazado en dos o más circuitos independientes. Sin embargo, la estimación de 1 circuito por cada 10 m<sup>2</sup>, suele ser muy precisa.

Teniendo en cuenta el caudal de circulación necesario para cada estancia (formula), y conociendo la longitud de cada uno de los circuitos, se podrá obtener el caudal que circulará a través de ellos.

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

En cuanto al diámetro de las tuberías de polietileno reticulado utilizadas para el suelo radiante, sus diámetros más habituales son los siguientes:

Tabla 8-82: Diámetros tipo de las tuberías de polietileno reticulado. Fuente: [16].

DIAMETRO NOMINAL (mm)	ESPESOR (mm)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	VOLUMEN UNITARIO (l/m)
16	1,8	12,4	0,12
17	2	13	0,13
20	1,9	16,2	0,21

Para finalizar el diseño del suelo radiante, será necesario realizar el cálculo de las pérdidas de presión por rozamiento de la instalación. Este depende de la longitud del circuito, del caudal circulante y del diámetro interior del tubo.

$$R_p = L \times 191 \times \frac{C^2}{D_i^5} \quad [16]$$

Siendo:

*R<sub>p</sub>*: Pérdida de presión por rozamiento en el circuito (mm ca).

*L*: Longitud total del circuito (m).

*C*: Caudal de agua que circula por el generador de calor (l/h).

*D<sub>i</sub>*: Diámetro interior del tubo utilizado (mm).

De esta fórmula, se puede observar que, a mayor longitud y a mayor caudal, mayor será el rozamiento que se produce, mientras que a mayor diámetro menor será las pérdidas de carga.

Tabla 8-83: Definición del suelo radiante.

	Estancias	DEFINICIÓN DEL SUELO RADIANTE.			
		Número de circuitos	Paso [cm]	Distancia Colector [m]	Longitud Tubos [m]
PLANTA BAJA	Salón-Comedor	2,00	10,00	2,58	166,06
	Baño	1,00	5,00	1,05	52,10
	Distribuidor	-	15,00	-	-
	Hall	-	15,00	-	-
	Cocina	1,00	10,00	1,90	68,90
PRIMERA PLANTA	Dormitorio_1	2,00	10,00	1,90	117,10
	Dormitorio_2	2,00	10,00	1,90	106,10
	Distribuidor	-	15,00	-	-
	Baño	1,00	5,00	0,99	73,98
PLANTA BAJO CUBIERTA	Dormitorio_3	2,00	10,00	0,00	136,90
	Baño	1,00	5,00	2,00	72,40

DEFINICIÓN DEL SUELO RADIANTE.			
Longitud Circuito [m]	Caudal por Circuito [l/h]	Diámetro [mm]	Pérdida de Presión por Rozamiento-Rp (mmca)
83,03	80,58	16,00	98,21
52,10	11,89	16,00	1,34
-	-	16,00	-
-	-	16,00	-
68,90	72,44	16,00	65,85
58,55	56,93	16,00	34,56
53,05	41,02	16,00	16,26
-	-	16,00	-
73,98	90,28	16,00	109,82
68,45	51,90	16,00	33,58
72,40	85,04	16,00	95,36
			109,82
			0,11
			1,10
			mmca
			mca
			kPa

Una vez definidos y calculados todos los parámetros del suelo radiante a implementar en la vivienda, es hora de introducirlos en el programa *CALENER VYP*.

Tal y como se definió en la Ilustración 8-35, la caldera de condensación se utilizará tanto para el ACS, como para impulsar al suelo radiante. La temperatura de impulsión de ACS, no se verá modificada, sin embargo, al ser el suelo radiante un sistema de calefacción de baja temperatura, la temperatura de impulsión de calefacción sí cambiará. Dicho valor, se calculó en la

*Tabla 8-80*, siendo de aproximadamente 44°C.

**Mixto calefacción y ACS**

Nombre

Propiedades básicas

Fracción cubierta por el sistema solar térmico  %

Temperatura de impulsión sanitaria  °C

Temperatura de impulsión calefacción  °C

Multiplicador

*Ilustración 8-37: Propiedades básicas de calefacción y ACS del Suelo Radiante en CALENER VYP.*

Se han realizado una serie de planos donde se representa gráficamente la distribución de cada uno de los circuitos que conforman la instalación del suelo radiante por cada una de las plantas calefactables. Dichos planos se adjuntan en el ANEXO, Plano 6, Plano 7 y Plano 8.

Además, también se muestra en el Plano 9, el esquema de la instalación de la caldera de condensación con el suelo radiante. Dicha caldera cuenta con un sistema de regulación por sonda exterior. Es decir, el control del funcionamiento y la modulación de la caldera se realizan en función de la temperatura exterior, siendo común al sistema de control

general de la instalación de suelo radiante. El objetivo de esta regulación es mantener la temperatura de impulsión del generador variable, en función de la temperatura exterior. Dicha regulación se realizará de la siguiente forma:

Si la temperatura que detecta la sonda de impulsión es inferior a la temperatura de consigna generada por la central de regulación, el sistema de modulación de potencia del generador actuará sobre el aporte de la mezcla de combustible, aumentando la potencia calorífica producida por el generador, y aumentando la temperatura de impulsión.

Por el contrario, si la temperatura, detectada por la sonda de impulsión, es superior a la temperatura de consigna generada por la central de regulación, el sistema de modulación de potencia del generador actuará sobre el aporte de la mezcla de combustible, reduciendo la potencia calorífica producida por el generador, y disminuyendo la temperatura de impulsión.

Esa agua caliente de impulsión es bombeada a través de una bomba hacia los armarios donde se encuentran tanto los colectores de ida como los de retorno. Además, el circuito cuenta tanto con válvulas de corte, para el cierre de la instalación, como válvulas de presión, para el control y regulación de la presión del circuito de agua.

En el armario de colectores, mediante el colector de ida se envía el agua caliente hacia cada uno de los circuitos que componen la instalación. Esa agua se encontrará a la temperatura que marquen los termostatos, circulará por los circuitos emisores transmitiendo el calor al ambiente y retornará hacia el colector de retorno. De esta manera, se conforma un circuito cerrado. Este funcionamiento se repite en cada uno de los circuitos de las tres plantas calefactables.

La caldera de condensación elegida también está destinada a la producción de ACS.

## 8.4.2.2. Comparación de los resultados obtenidos

- Calificaciones energéticas parciales y finales.

Tabla 8-84: Calificaciones energéticas. Propuesta 6

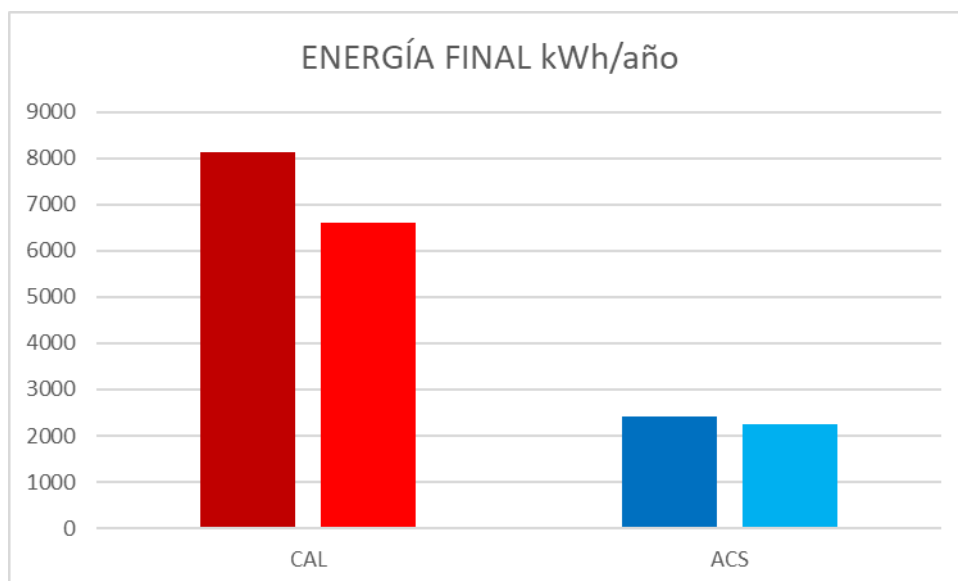
SISTEMAS	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>				CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	
	O	M	DIF.	% DIF.	CAL O	CAL M
CAL	14,9	12,1	-2,8	-18,79	C	C
ACS	4,4	4,1	-0,3	-6,82	C	C
<b>Total</b>	<b>19,3</b>	<b>16,2</b>	<b>-3,1</b>	<b>-16,06</b>	<b>C</b>	<b>C</b>

- Consumos de energías finales y emisiones de CO<sub>2</sub> anuales.

Tabla 8-85: Consumos de energías finales y emisiones de CO<sub>2</sub> anuales. Propuesta 6.

SISTEMAS	ENERGÍA FINAL kWh/año				EMISIONES DE CO <sub>2</sub> kg/año			
	O	M	DIF.	% DIF.	O	M	DIF.	% DIF.
CAL	8140	6595,1	-1544,9	-18,98	2051,3	1662	-389,3	-18,98
ACS	2412,5	2243,6	-168,9	-7,00	608	565,4	-42,6	-7,01
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>8838,7</b>	<b>-1713,8</b>	<b>-16,24</b>	<b>2659,3</b>	<b>2227,4</b>	<b>-431,9</b>	<b>-16,24</b>





Gráfica 8-33: Comparativa de energías finales. Propuesta 6.

- Coste económico en energía.

Tabla 8-86: Coste económico en energía. Propuesta 6.

SISTEMAS	O kWh	O €	M kWh	M €	€ DIF.
CAL	8140	643,06	6595,10	521,01	-122,05
ACS	2412,5	190,59	2243,6	177,24	-13,3431
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>833,65</b>	<b>8838,70</b>	<b>698,26</b>	<b>-135,39</b>

#### 8.4.2.3. Presupuesto.

CALDERA DE CONDENSACIÓN			2.511,95 €
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Caldera de condensacion mixta, marca Junkers Cerapur Acu Smart ZWSB 24/30-4E. Con una potencia útil para calefacción y ACS de 24 y 30kW respectivamente. Incluye kit de evacuación horizontal y plantilla de instalación. Totalmente instalado y funcionando	1,00	1.998,95 €	1.998,95 €
Termostato Junkers CR100 con sonda exterior. Totalmente instalado y funcionando.	1,00	89,00 €	89,00 €

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

MANO DE OBRA			212,00 €
Descripción	Cantidad (h)	Precio Unitario	Total
Intalación y montaje (Instalador y ayudante de Instalador) + Gastos de transporte.	8,00	26,50 €	212,00 €

SUELO RADIANTE			
Descripción	m <sup>2</sup>	Precio Unitario	Total
(m2) Suministro e instalación de suelo radiante, tendido de montantes hasta colectores en sección suficiente para caudal recomendado, pruebas hidráulicas, purgado, equilibrado y dosificación de líquido anticorrosivo que evita la generación de fangos en el interior del circuito.	76,50	40,00 €	3.060,00 €
PARTIDAS DE MATERIAL PARA EL SUELO RADIANTE			
(m)Tubo polietileno reticulado. Según pasos siguientes: SALÓN: 10 cm COCINA: paso 10/15 cm PASILLOS: paso 15 cm BAÑOS: paso 5 cm DORMITORIOS 10/15 cm Bajo puertas al exterior o ventanales, se coloca a paso 5 cm 1 m hacia dentro.	1020,00		
(m2) Panel aislante liso ORKLI modelo LAUA 30, de resistencia térmica 1,35m2K/W con un espesor de 30mm, material mousse de poliuretano. Conductividad térmica 0,023W(mK).	23,00		
(m2) Panel aislante liso ORKLI modelo LAUA 20, de resistencia térmica 0,75m2K/W con un espesor de 20mm, material mousse de poliuretano. Conductividad térmica 0,023W(mK).	50,00		
(m2) Aislamiento térmico adicional reflexivo de espuma de poliestireno de celda cerrada espesor 5 mm y aluminio por ambas caras.	35,00		
(50 m/rollo) Banda perimetral con faldón de espuma de polietileno .	1,50		
(ud) Colector de acero inoxidable premontado con regulador de caudal, purgadores, válvulas de corte en armario metálico de 4 circuitos para P. Baja . Armario para instalación empotrada serie UP 90-1 .	1,00		
(ud) Colector de acero inoxidable premontado con regulador de caudal, purgadores, válvulas de corte en armario metálico de 5 circuitos para Planta Primera. Armario para instalación empotrada serie UP 90-1 .	1,00		
(ud) Colector de acero inoxidable premontado con regulador de caudal, purgadores, válvulas de corte en armario metálico de 3 circuitos para P. Bajo Cubierta . Armario para instalación empotrada serie UP 90-1 .	1,00		
(ud)Cabezales eléctricos de 240V	12,00		
(ud) Grapas de fijación para tubo reticulado.	3600,00		
(ud) Termostatos digitales.(Salón-comedor, cocina y dormitorios)	5,00		
(ud) Codo guía para tubo de 16 mm.	24,00		
(ud) Conexión macho para tubo reticulado.	24,00		

PROYECCIÓN DE MORTERO AUTONIVELANTE			650,25 €
Descripción	Superficie (m <sup>2</sup> )	Precio Unitario	Total
Intalación y montaje (Instalador y ayudante de Instalador) + Gastos de transporte.	76,50	8,50 €	650,25 €

MANO DE OBRA			1.330,50 €
Descripción	Cantidad (h)	Precio Unitario	Total
Intalación y montaje (Instalador y ayudante de Instalador) + Gastos de transporte.	30,00	26,50 €	795,00 €
Demolicion y trabajos previos.	76,50(m <sup>2</sup> )	7,00 €	535,50 €

#### 8.4.2.4. Resumen de la propuesta de mejora.

Como consecuencia de la mejora, el ahorro económico en energía será de unos **135,39€/año**. La inversión necesaria para la instalación de esta mejora será de **7764,70€**.

El consumo de energía final total disminuye en torno al **16,24%**, que en términos de consumo corresponden a **1713,8 kWh** menos al año con respecto a la vivienda objeto.

Con respecto a la calefacción, la reducción será del **18,98%**, unos **1544,9 kWh** menos al año.

El consumo de ACS se verá reducido un **7%**, es decir, **168,9kWh** menos al año.

Se evitará con esta mejora unas emisiones de **431,9kg de CO<sub>2</sub>** al año.

Con dicha mejora, la calificación energética final continúa siendo C, es decir, no se ve reflejada una mejora considerable con respecto a la situación inicial.

#### 8.4.3. Propuesta 7: Sustitución de la caldera de gas natural por una bomba de calor (aeroterminia), incluyendo la implantación del suelo radiante.

Según “La asociación de calor y frio”, la utilización del calor latente del aire convierte la bomba de calor (aeroterminia) en una tecnología en la que el mercado confía cada vez más para alcanzar niveles de excelencia en eficiencia energética.

Este sistema puede ser combinado con distintos sistemas de emisión de calor y frio, o incluso con sistemas de apoyo, con el fin de generar la energía suficiente para la calefacción, refrigeración y ACS en el hogar.

Sus ventajas más importantes son la eficiencia energética, el respeto al medio ambiente, la facilidad de instalación y su versatilidad.

Respecto a la eficiencia, la principal fuente de energía utilizada es el calor latente del aire, una fuente renovable, y el resto, aproximadamente un 30%, es energía eléctrica debida al consumo del compresor de la bomba de calor. Por ejemplo, si la bomba de calor tiene un COP (Coefficient of Performance) de 8, significará que, por cada kW de electricidad consumido, genera 8 kW de calor para la vivienda.



Ilustración 8-38: Consumo de una bomba de calor. Fuente: Calor y Frio.

La actual transición energética a nivel global está promoviendo el uso de la aerotermia con el objetivo de alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible marcados en la Agenda 2020 por la UE para frenar el cambio climático.

Poseen una alta versatilidad debido a la posibilidad de combinarlo con otros emisores térmicos tales como, radiadores de baja temperatura, fan-coils o suelo radiante/refrescante. También, proporciona la opción de utilizar como sistema de apoyo la caldera de condensación de gas, ya existente de la vivienda, optimizando el rendimiento de la instalación.

Finalmente, la instalación de bombas de calor es sencilla al estar conectadas a la red eléctrica.

#### 8.4.3.1. Descripción de la propuesta.

Consiste en la sustitución de la caldera de gas natural (Neobit 24Kw), por una bomba de calor (aerotermia), junto con el emisor térmico, suelo radiante, sustituyendo a los radiadores convencionales. El suelo radiante está definido en la *Propuesta 6* de mejora.

La bomba de calor de aerotermia elegida es una aroTHERM plus compacta, modelo de 6kW la cual da una potencia entre 3,1-7,8 kW, suficiente para hacer frente a las cargas térmicas, calculadas en el apartado “Cargas Térmicas”. Este sistema compacto uniTOWER plus incluye en un solo espacio todos los elementos necesarios para cubrir las necesidades de una instalación sencilla. Ofrece un diseño atractivo para su integración en viviendas.

Proporciona confort en ACS, con un depósito integrado de 185L de capacidad, con una eficiencia máxima A+ para un perfil de demanda XL. Garantiza un importante ahorro de energía.

Además, cuenta con un sensor CONFORT VRC 720 para el control y regulación de la bomba de calor. [17].



Ilustración 8-39: Bomba de calor aroTHERM PLUS. Izq: Bomba de calor unidad exterior. Derecha: Unidad interior.

La eficiencia de una bomba de calor es medida a través de la ratio del COP, este es la relación existente entre la potencia calorífica entregada entre la potencia eléctrica consumida.

El COP nominal es ofrecido por parte de los fabricantes en unas determinadas condiciones que deben venir indicadas, así como la Norma bajo la cual fueron obtenidas.

Tabla 8-87: Especificación de la bomba de calor.



COP A7-W35= <b>4,79</b> (según EN 14511)
SCOP= <b>3,46</b>
Potencia de calefacción= <b>3,1-7,8</b> (A7-W35)
Potencia máxima absorbida= <b>1,25</b>

En los datos anteriores podemos ver que se tiene una eficiencia de 4.79 cuando la máquina está absorbiendo calor del aire a 7°C e impulsando agua a 35°C. La potencia de calefacción ofrecida, en estas condiciones, se encuentra entre 3.1 y 7.8 kW, absorbiendo una potencia eléctrica de 1.25kW. También puede ser ofrecido el rendimiento SCOP, este parámetro representa un valor más realista de la eficiencia, pues para su obtención se realizan diferentes ensayos sometidos a diferentes temperaturas. El valor de este rendimiento, en este caso, es de 3.46.

La Normativa Española y Europea (artículo 5 y anexo VII de la Directiva 2009/28/CE) consideran la aerotermia una fuente renovable siempre y cuando esta ofrezca una potencia térmica suficientemente alta comparada con la energía eléctrica que consume. Por lo que, desde 1 de marzo del 2013 se publicó la Decisión de la Comisión se debe justificar dicha fuente de energía como renovable por medio de la eficiencia SPF, que debe satisfacer dicha bomba de calor para considerar energía renovable. Siendo el criterio de decisión el siguiente: el SPF deberá ser mayor que 2.5. Para ello existen dos métodos:

- Aplicación de la Norma EN14825:2012, donde el SFP se define como SCOPnet.

- A partir del COP nominal indicado por el fabricante, realizar unas correcciones para determinar la eficiencia de la bomba de calor en las condiciones reales de trabajo en función de la zona climática, y la temperatura a la que se debe realizar la condensación.

En este caso, el método elegido para su definición es a partir del COP nominal que ofrece el fabricante.

El IDEA facilita una Guía Técnica ‘Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios’ [18] mediante la cual se puede corregir el valor nominal del COP de una bomba de calor, y así poder definir correctamente el SPF en las condiciones de trabajo, mediante la aplicación de unos coeficientes correctores por zona climática, FP, y por temperatura de condensación, FC.

En caso de aplicar el último método, el fabricante ha de aportar el valor del COP nominal de la bomba obtenido en base a las Normas de ensayo: UNE-EN 1451, UNE-EN 15316, UNE-EN 16147, etc. Además, indicará las temperaturas a la que han sido realizado dichos ensayos.

Obteniendo el SPF mediante la siguiente fórmula:

$$SPF = COP_{nominal} \times FP \times FC$$

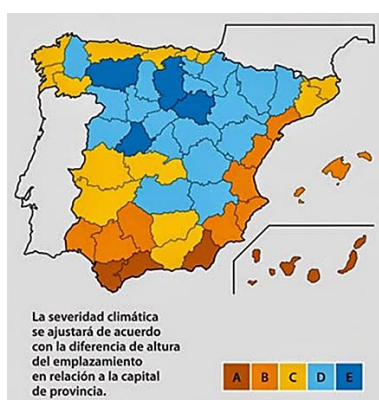
Siendo:

*FP: factor de ponderación en base a la zona climática.*

*FC: factor de corrección por temperatura de condensación.*

El **factor de ponderación** es debido a que cuanto menor sea la temperatura exterior, menor será la cantidad de energía, como consecuencia de esto, el consumo eléctrico será mayor. Por este motivo, es importante conocer la zona climática donde se encuentra dicha instalación.

Tabla 8-88: Izquierda: Mapa con las diferentes zonas climáticas dentro del territorio español. Derecha: Factores de ponderación en bombas de calor dependiendo de la zona climática. Fuente: IDAE (16).



FACTOR DE PONDERACIÓN BOMBAS DE CALOR, FP					
FUENTE ENERGÉTICA	A	B	C	D	E
Aerotermia. Centralizados	0,87	0,8	0,8	0,75	0,75
Aerotermia. Splits	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Hidrotérmica	0,99	0,96	0,92	0,86	0,8
Geotermia .CC Int. Horiz	1,05	1,01	0,97	0,9	0,85
Geotermia .CC Int. Vert	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Geotermia .C. Abierto	1,31	1,3	1,23	1,17	1,09

\*En el caso del estudio realizado se trata de una Aerotermia centralizada-compacta.

Por otro lado, en el factor **de corrección**, el fabricante ha de ofrecer los datos del COP a una temperatura de condensación, que no ha de ser la temperatura de utilización del

equipo. A menor temperatura, más fácil será la condensación del refrigerante, por tanto, el COP y la potencia suministrada por dicho equipo serán mayores.

En este caso, la temperatura de condensación es de 45°C, ya que contará con una instalación de suelo radiante, cuya temperatura de trabajo es de, aproximadamente, 44°C,

Tabla 8-80.

Tabla 8-89: Factores de corrección en función de la temperatura de condensación y la del ensayo del COP.  
Fuente: IDAE (16).

FACTOR DE CORRECCIÓN, FC						
Tº CONDENSACIÓN °C	COP 35°	COP 40°	COP 45°	COP 50°	COP 55°	COP 60°
35	1	-	-	-	-	-
40	0,87	1	-	-	-	-
45	0,77	0,89	1	-	-	-
50	0,68	0,78	0,88	1	-	-
55	0,61	0,7	0,79	0,9	1	-
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,9	1

Una vez determinados dichos parámetros se pueden determinar que el resultado del cálculo del SPF es de 2.95. Siendo este valor mayor que 2.5 y, por tanto, siendo considerado una fuente de energía renovable.

Uno de los aspectos por los que esta bomba de calor elegida destaca, es el tipo de refrigerante utilizado. A diferencia de las bombas de calor fabricadas hasta la fecha que, utilizaban R-32 como refrigerante, esta utiliza R-290. Este tipo de refrigerante contiene un bajísimo Potencial de Calentamiento Atmosférico (pca) de 3 pca, lo que en comparación incluso con los últimos gases refrigerantes que tienen índices de PCA mayores de 600, se traduce en una sostenibilidad 225 veces mayor. A continuación, se muestra una tabla comparación entre estos dos tipos de refrigerantes.

Tabla 8-90: Comparación entre el refrigerante R-32 y el R-290. Fuente: Conferencia de Saunier Duval.

	R32	R290
Tipo	Refrigerante Sintético	Refrigerante Natural
GWP	675	3
Inflamabilidad	Inflamable	
	A2L	A3
Toxicidad	Riesgo de asfixia	
	Reacción tóxica durante la combustión	Residuos de combustión no tóxicos (co2+h2o)
Instalación	Restricciones de ubicación	
Perspectiva	GWP superior a 500. A largo plazo no garantizado	GWP bajo. Garantizado a futuro



Tal y como se puede observar en dicha tabla, respecto a la instalación, toda bomba de calor (equipo exterior) deberá estar colocada en una ubicación que no esté influenciada por vientos predominantes tales como el norte o el oeste. En este caso particular la unidad exterior ira situada en el pequeño jardín orientado hacia el sur, mientras que la unidad interior, por su tamaño similar a una nevera podría ir colocado en la cocina o en el garaje. También será de especial atención que, si la distancia entre el equipo y el punto más alejado de la vivienda es mayor de 15m, se necesitará una bomba de recirculación, en este caso, no será necesario.

Finalmente, en cuanto a la tabla, se indica que bombas de calor con refrigerante R-32, a partir de este año ya no se fabricaran, dando paso a las de R-290. A pesar de que el coste de estas bombas de calor es superior, las prestaciones ofrecidas también lo son.

Como se puede ver en el Anexo, Plano 10, el esquema de la instalación cuenta con una unidad exterior, que es una bomba de calor, y por una unidad interior, la cual corresponde al depósito de acumulación.

El funcionamiento de la bomba de calor está basado en un ciclo termodinámico, es decir, el estado físico del fluido contenido en el circuito frigorífico (refrigerante) es modificado para permitir la transferencia de calor del foco frío al foco caliente, a partir de la aportación de un trabajo mecánico.

Este fenómeno se realiza por medio de los componentes principales de la bomba, como, compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador.

En el compresor la presión se eleva, y, por tanto, la temperatura del refrigerante, transfiriéndose al mismo la energía necesaria para llevar a cabo su movimiento a lo largo del circuito.

En el condensador, se produce la condensación del refrigerante, cediéndose calor al medio exterior

Mediante la válvula de expansión se genera la pérdida de carga necesaria que reduce la alta presión del refrigerante procedente del condensador.

En el evaporador, el refrigerante se evapora absorbiendo calor del medio externo.

En resumen, se absorbe calor en el evaporador del medio frío, cediéndole en el condensador, junto con la energía aportada al compresor para su correcto funcionamiento, al medio caliente, originando la transferencia de calor.

Dicho calor es aprovechado en el módulo interior, tanto para la calefacción por suelo radiante, como para el ACS.

En el caso del suelo radiante, la propia unidad interior cuenta con un depósito de inercia de 18 litros. Su finalidad es la de acumular una cantidad determinada de calor para suministrarlo en momentos de alta demanda térmica. De este modo, se evita cualquier interrupción en el equipo de calefacción causada por una demanda insuficiente de energía. Tal y como se puede ver en el esquema de la instalación en color verde, existe una conexión inalámbrica entre el depósito de inercia y la bomba de calor. Por lo que, en caso de que el suelo radiante demande más calor del que es capaz de suministrar el depósito de inercia, este enviará una señal a la bomba de calor para que esta aumente su potencia.

Esta conexión es controlada por el “Control AroTHERM integrado en la uniTOWER”, además de captar la información de la temperatura exterior por medio de una sonda

exterior. A su vez, dicho control estará regulado por la “centralita multiMATIC 700”, donde se podrá observar tanto la temperatura exterior de la vivienda como la interior.

Por otro lado, para el ACS, la propia uniTOWER cuenta con un acumulador de ACS de 185 litros, dicho acumulador capta el calor proporcionado por la bomba de calor para calentar el agua destinado para la ducha, etc.

Por medio de una válvula de tres vías, el calor cedido por la bomba de calor ira destinado a la calefacción o al ACS, siempre dando prioridad a este último. Por este motivo es tan importante contar con un depósito de inercia.

## 8.4.3.2. Comparación de los resultados obtenidos

- Calificaciones energéticas parciales y finales.

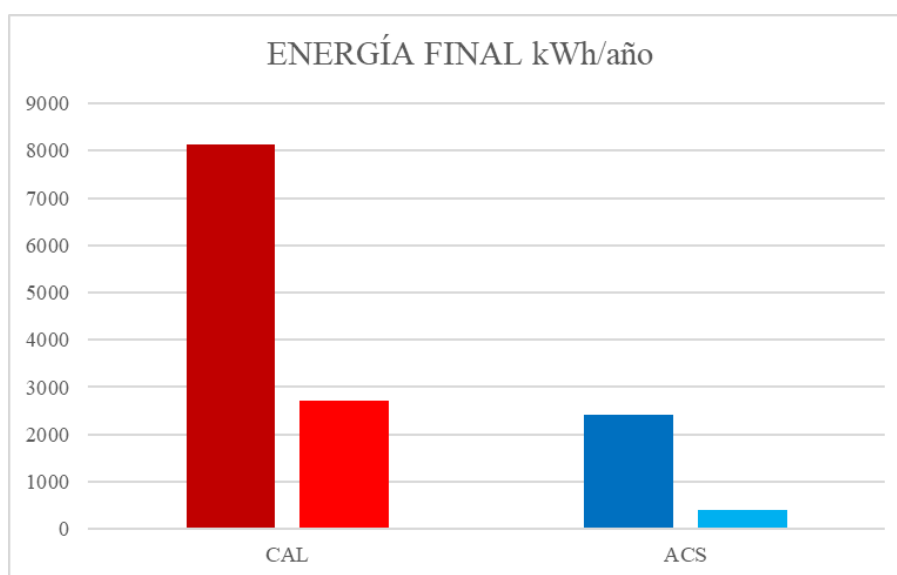
Tabla 8-91: Calificaciones energéticas. Propuesta 7.

SISTEMAS	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>				CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	
	O	M	DIF.	% DIF.	CAL O	CAL M
CAL	14,9	5,7	-9,2	-61,74	C	A
ACS	4,4	1	-3,4	-77,27	C	A
<b>Total</b>	<b>19,3</b>	<b>6,7</b>	<b>-12,6</b>	<b>-65,28</b>	<b>C</b>	<b>A</b>

- Consumos de energías finales y emisiones de CO<sub>2</sub> anuales.

Tabla 8-92: Consumos de energías finales y emisiones de CO<sub>2</sub> anuales. Propuesta 7.

SISTEMAS	ENERGÍA FINAL kWh/año				EMISIONES DE CO <sub>2</sub> kg/año			
	O	M	DIF.	% DIF.	O	M	DIF.	% DIF.
CAL	8140	2710,9	-5429,1	-66,70	2051,3	775	-1276,3	-62,22
ACS	2412,5	414,6	-1997,9	-82,81	608	137,2	-470,8	-77,43
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>3125,5</b>	<b>-7427</b>	<b>-70,38</b>	<b>2659,3</b>	<b>912,2</b>	<b>-1747,1</b>	<b>-65,70</b>



Gráfica 8-34: Comparación del consumo anual de energía. Propuesta 7.

- Coste económico en energía.

Tabla 8-93: Coste económico en energía. Propuesta 7.

SISTEMAS	O kWh	O €	M kWh	M €	€ DIF.
CAL	8140	643,06	2710,9	130,29	-512,77
ACS	2412,5	190,59	414,6	19,93	-170,66
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>833,65</b>	<b>3125,5</b>	<b>150,21</b>	<b>-683,44</b>

#### 8.4.3.3. Presupuesto.

BOMBA DE CALOR			8.435,00 €
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
<p>Suministro e instalación de Sistema de Arotermia marca VAILLANT modelo split compuesto por lo siguiente:.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Bomba de calor aroTHERM plus sistema autónomo modelo 6kW con refrigerante naturalR-290.</li> <li>-Sensor CONFORT VRC 720.</li> <li>-Sistema compacto uniTOWER plus 185L.</li> <li>-Deposito de inercia de 18L integrado en la uniTOWER.</li> <li>-Válvula mezcladora de 3vias.</li> </ul> <p>Incluidas conexiones frigoríficas y DESFANGADOR.</p> <p>Totalmente instalado y funcionando.</p>	1,00	8.435,00 €	8.435,00 €

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

<b>SALA TÉCNICA</b>			<b>2.732,01 €</b>
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Suministro e instalación de <b>grupo de impulsión con bomba electrónica</b> , para impulsar a cada planta. Totalmente instalado y funcionando.	3,00	212,05 €	636,15 €
Deposito acumulador de instalación vertical con serpentín interior para producción de ACS fabricado en acero inoxidable duplex 2205	1,00	978,19 €	978,19 €
Vaso de Expansión de ACS de 25L	1,00	21,67 €	21,67 €
Partida de material para la conexión de los diferentes equipos que forman la instalación, incluyendo: valvulería, tubería y aislamiento, purgadores, llaves de paso, termómetros para	1,00	956,00 €	956,00 €
Partida de instalación eléctrica de la instalación: Cuadro de protecciones, cableado eléctrico, cableado de control (a sondas, a actuadores, etc.) y p.p. pequeño material. Totalmente instalado y funcionando.	1,00	140,00 €	140,00 €
<b>MANO DE OBRA</b>			<b>1.272,00 €</b>
Descripción	Cantidad (h)	Precio Unitario	Total
Intalación y montaje de la bomba de calor y sala tecnica (Instalador y ayudante de Instalador) + Gastos de transporte.	48,00	26,50 €	1.272,00 €

SUELO RADIANTE			
Descripción	m <sup>2</sup>	Precio Unitario	Total
(m2) Suministro e instalación de suelo radiante, tendido de montantes hasta colectores en sección suficiente para caudal recomendado, pruebas hidráulicas, purgado, equilibrado y dosificación de líquido anticorrosivo que evita la generación de fangos en el interior del circuito.	76,50	40,00 €	3.060,00 €
PARTIDAS DE MATERIAL PARA EL SUELO RADIANTE			
(m)Tubo polietileno reticulado. Según pasos siguientes: SALÓN: 10 cm COCINA: paso 10/15 cm PASILLOS: paso 15 cm BAÑOS: paso 5 cm DORMITORIOS 10/15 cm Bajo puertas al exterior o ventanales, se coloca a paso 5 cm 1 m hacia dentro.	1020,00		
(m2) Panel aislante liso ORKLI modelo LAUA 30, de resistencia térmica 1,35m2K/W con un espesor de 30mm, material mousse de poliuretano. Conductividad térmica 0,023W(mK).	23,00		
(m2) Panel aislante liso ORKLI modelo LAUA 20, de resistencia térmica 0,75m2K/W con un espesor de 20mm, material mousse de poliuretano. Conductividad térmica 0,023W(mK).	50,00		
(m2) Aislamiento térmico adicional reflexivo de espuma de poliestireno de celda cerrada espesor 5 mm y aluminio por ambas caras.	35,00		
(50 m/rollo) Banda perimetral con faldón de espuma de polietileno .	1,50		
(ud) Colector de acero inoxidable premontado con regulador de caudal, purgadores, válvulas de corte en armario metálico de 4 circuitos para P. Baja . Armario para instalación empotrada serie UP 90-1 .	1,00		
(ud) Colector de acero inoxidable premontado con regulador de caudal, purgadores, válvulas de corte en armario metálico de 5 circuitos para Planta Primera. Armario para instalación empotrada serie UP 90-1 .	1,00		
(ud) Colector de acero inoxidable premontado con regulador de caudal, purgadores, válvulas de corte en armario metálico de 3 circuitos para P. Bajo Cubierta . Armario para instalación empotrada serie UP 90-1 .	1,00		
(ud)Cabezales eléctricos de 240V	12,00		
(ud) Grapas de fijación para tubo reticulado.	3600,00		
(ud) Termostatos digitales.(Salón-comedor, cocina y dormitorios)	5,00		
(ud) Codo guía para tubo de 16 mm.	24,00		
(ud) Conexión macho para tubo reticulado.	24,00		

PROYECCIÓN DE MORTERO AUTONIVELANTE			650,25 €
Descripción	Superficie (m <sup>2</sup> )	Precio Unitario	Total
Intalación y montaje (Instalador y ayudante de Instalador) + Gastos de transporte.	76,50	8,50 €	650,25 €

MANO DE OBRA			1.330,50 €
Descripción	Cantidad (h)	Precio Unitario	Total
Intalación y montaje (Instalador y ayudante de Instalador) + Gastos de transporte.	30,00	26,50 €	795,00 €
Demolicion y trabajos previos.	76,50(m <sup>2</sup> )	7,00 €	535,50 €

#### 8.4.3.4. Resumen de la propuesta de mejora.

Como consecuencia de la mejora, el ahorro económico en energía será de unos **683,44€/año**. La inversión necesaria para la instalación de esta mejora será de **17479,76€**.

El consumo de energía final total disminuye en torno al **70,38%**, que en términos de consumo corresponden a **7427kWh** más al año con respecto a la vivienda objeto.

Con respecto a la calefacción, la reducción será del **66,70%**, unos **5429,1kWh** menos al año.

El consumo de ACS se verá reducido un **82,81%**, es decir, **1997,9kWh** menos al año.

Se evitará con esta mejora unas emisiones de **1747,1 kg de CO<sub>2</sub>** al año.

Con dicha mejora, la calificación energética final mejora considerablemente, obteniéndose la máxima calificación de A.

#### 8.4.4. Propuesta 8: Sustitución de la caldera de gas natural por una bomba de calor (aeroterminia), incluyendo la implantación de radiadores de baja temperatura.

Según el blog de “*GasFrioCalor*”, dedicados a ofrecer servicios en climatización, calefacción y gas, indican que los sistemas de calefacción por radiadores son unos de los sistemas más utilizados en España. Esto se debe a varias razones, además de no olvidar que, los radiadores de agua son una solución de calor para los hogares de una elevada calidad, de elegante diseño en la mayoría de los casos, y que cada vez más, ofrecen un calor confortable u homogéneo a la vivienda.

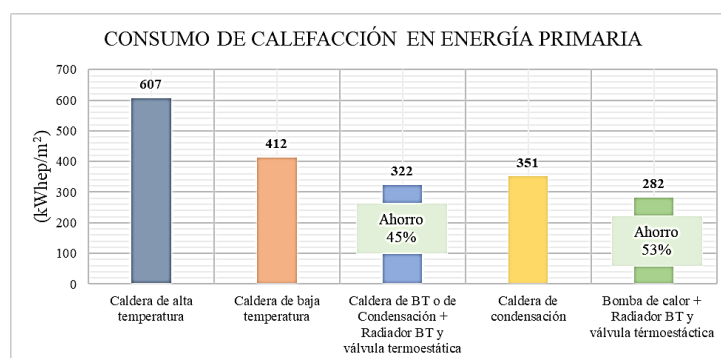
Los radiadores de agua son un sistema de calefacción fija que se instala como complemento de aquellas viviendas que disponen de caldera de gas o gasóleo para calentar el hogar. Sin embargo, son muchas personas las que optan por mantener sus instalaciones de radiadores a la hora de implantar sistemas renovables (aeroterminia...) en las rehabilitaciones.

#### 8.4.4.1. Descripción de la propuesta.

La propuesta consiste en la sustitución de la caldera de gas natural por una bomba de calor aerotérmica, descrita ya previamente dentro de la propuesta 7. Pero, en este caso, se propuso conservar el sistema emisor de calefacción por radiadores actual. Sin embargo, los radiadores convencionales son necesarios modificarlos por otros que trabajen a una menor temperatura, debido a que, la bomba de calor opera a temperaturas mucho más bajas que las calderas de combustibles.

Es por ello, que se propuso también la modificación de estos radiadores convencionales, por los llamados radiadores de baja temperatura. Este tipo de radiadores, nacieron como respuesta a la necesidad de encontrar sistemas emisores que se pudieran adaptar a instalaciones antiguas y a la vez trabajar de manera eficiente con generadores de baja temperatura tales como geotermia, o aerotermia, siendo este ultimo la opción elegida.

Se planteó esta propuesta debido a que lo planteado por numerosas empresas instaladoras y refutado por el blog de “GasFrioCalor”, con este tipo de radiadores que sumados a sistemas de energías renovables se obtienen grandes ahorros en los consumos. En la siguiente gráfica se muestran varias comparaciones.



Gráfica 8-35: Comparación de consumos de calefacción en energía primaria. Fuente: Blog de “GasFrioCalor”.

Además de las amplias ventajas que presentan estos tipos de radiadores frente a los convencionales, vistas en la tabla siguiente.

Tabla 8-94: Diferencias entre los radiadores de baja temperatura y los de aluminio. Fuente: Blog de "GasFrioCalor".

	Radiador Baja Temperatura	Radiador de aluminio
<b>Temperatura</b>	35°C	65-80°C
<b>Mejor Combinación</b>	Bomba de Calor	Caldera de condensación
<b>Transmisión de calor</b>	100% Convección	80% Convección y 20% Radiación
<b>Precio</b>	Moderado	Bajo
<b>Frio y Calor</b>	Sí	No
<b>Cantidad de agua interior</b>	80-90% menos	-
<b>Ahorro</b>	10-20%	-

Lo más importante para diseñar este tipo de instalaciones, es la realización de un cálculo muy preciso de los elementos que cada radiador debe tener, con el fin de que la aerotermia siga siendo 100% eficiente.

En primer lugar, se ha elegido el tipo de radiador a instalar. Éste ha sido el Radiador de aluminio Xian 600N Ferroli. Un radiador fabricado en aluminio inyectado a presión con una eficiencia calorífica de 134,3 Kcal/h, diseñados para trabajar a baja temperatura (30°C), con un peso por elemento de tan solo 1,36kg y con un diseño innovador con interior reforzado.



Ilustración 8-40: Radiador de aluminio Xian 600N Ferroli.

Este radiador puede ser montado en baterías de 2 a 14 elementos, en función de las alturas. Proporciona un elevado confort térmico ya que están diseñados para sistemas de calefacción eficientes. Los radiadores por agua caliente proporcionan una temperatura homogénea en cada estancia además de constante en el tiempo. Otra característica para destacar es la estanqueidad total de la instalación debido a la junta elástica que sirve de unión entre los elementos de radiador. [19]

Una vez elegido el radiador de baja temperatura a instalar, es hora de definir las condiciones iniciales para realizar el cálculo. Dentro de estas, es importante definir el salto térmico, es decir, lo que el sistema necesita calentar el agua, además de un coeficiente de seguridad y la carga térmica que se quiere tener por cada metro cuadrado de la vivienda.



Tabla 8-95: Condiciones iniciales para el cálculo de los radiadores de baja temperatura.

CONDICIONES INICIALES	
$\Delta t$ (°C)	40
K seguridad	1,05
W/m²	60,00

A continuación, partiendo de las condiciones iniciales y de las superficies de cada una de las estancias, se obtiene la potencia:

$$Potencia (W) = Carga\ térmica \left( \frac{W}{m^2} \right) \times Kseguridad \times Superficie (m^2)$$

Una vez obtenida la potencia y conociendo la orientación de cada una de las estancias, se vuelve a mayorar la potencia multiplicándola por el coeficiente corrector, con el fin de obtener la potencia necesaria (W).

Sabiendo la potencia por elemento del tipo de radiador elegido (91,66 W) y la potencia necesaria calculada anteriormente, se obtendrán el número de elementos necesarios por estancia. Sera necesario conocer, que solo se podrá adquirir radiadores de hasta 14 elementos.

Para finalizar el cálculo es imprescindible obtener la potencia instalada (W), dicha potencia se introducirá en el programa de cálculo:

$$P.Instalada (W) = N^o\ de\ elementos \times W/Elemento$$

En la siguiente tabla, se muestran los resultados de los cálculos, además de indicar el número de radiadores. Por una mayor comodidad y estética, en los baños, los radiadores se sustituirán por toalleros.

Tabla 8-96: Cálculo de la potencia instalada y del número de radiadores de baja temperatura.

ESTANCIAS	SUPERFICIE (m²)	POTENCIA (W)	ORIENTACIÓN (°)	COEF. CORRECTOR	MODELO RADIADOR	POT. NECESARIA (W)	W/ELEM	Nº ELEM	POT. INSTALADA (W)	Nº RADIADORES
Salón-Comedor	16,09	1013,67	NORTE	1,15	XIAN 600	1165,72	91,66	13	1191,60	1
Baño 1	2,50	157,50	OESTE	1,10	XIAN 600	173,25	91,66	2	183,32	TOALLERO
Cocina	6,51	410,13	ESTE	1,05	XIAN 600	430,64	91,66	5	458,30	1
Distribuidor-Hall	5,15	324,45	NORTE	1,15	XIAN 600	373,12	91,66	5	458,30	1
Dormitorio 1	11,33	713,79	NORTE	1,15	XIAN 600	820,86	91,66	9	824,94	1
Dormitorio 2	10,23	644,49	SUR	1,00	XIAN 600	644,49	91,66	8	733,28	1
Baño 2	3,60	226,80	NORTE	1,15	XIAN 600	260,82	91,66	3	274,98	TOALLERO
Distribuidor	4,29	270,27	OESTE	1,10	XIAN 600	297,30	91,66	4	366,64	1
Dormitorio 3	13,39	843,57	NORTE	1,15	XIAN 600	970,11	91,66	11	1008,26	1
Baño 3	3,42	215,46	NORTE	1,15	XIAN 600	247,78	91,66	3	274,98	TOALLERO
<b>TOTALES</b>	<b>76,51</b>	<b>4820,13</b>	-	-	-	<b>5384,07</b>	-	<b>63</b>	<b>5774,60</b>	<b>7</b>

Finalmente, en los radiadores del salón-comedor, cocina y dormitorios se ha planteado la instalación de válvulas termostáticas con el fin de mejorar la eficiencia y confortabilidad de cada una de las estancias de la vivienda.

El esquema de la instalación de la bomba de calor de aerotermia con radiadores de baja temperatura recogido en el Anexo Plano 11, es idéntico al de la propuesta de mejora

anterior, bomba de calor de aerotermia con suelo radiante. Se cuenta con la unidad exterior, es decir, la bomba de calor, y en el interior con la uniTOWER de 185 litros de acumulación. Además, esta viene provista de un depósito de inercia de 18 litros, la válvula de tres vías, además del sensor confort VRC720.

La única diferencia en la instalación son los emisores térmicos, en este caso los radiadores de baja temperatura. En las estancias principales, contarán con válvulas termostáticas.

## 8.4.4.2. Comparación de los resultados obtenidos.

- Calificaciones energéticas parciales y finales.

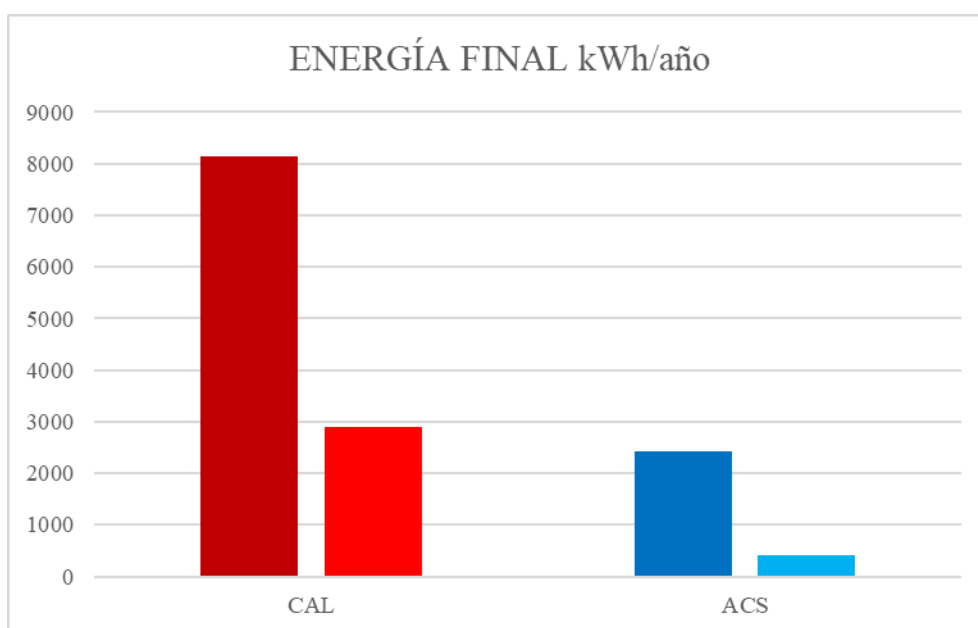
Tabla 8-97: Calificaciones energéticas. Propuesta 7.

SISTEMAS	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>				CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	
	O	M	DIF.	% DIF.	CAL O	CAL M
CAL	14,9	5,9	-9	-60,40	C	A
ACS	4,4	1	-3,4	-77,27	C	A
<b>Total</b>	<b>19,3</b>	<b>6,9</b>	<b>-12,4</b>	<b>-64,25</b>	<b>C</b>	<b>A</b>

- Consumos de energías finales y emisiones de CO2 anuales.

Tabla 8-98: Consumos de energías finales y emisiones de CO2 anuales. Propuesta 7.

SISTEMAS	ENERGÍA FINAL kWh/año				EMISIONES DE CO2 kg/año			
	O	M	DIF.	% DIF.	O	M	DIF.	% DIF.
CAL	8140	2889,5	-5250,5	-64,50	2051,3	814	-1237,3	-60,32
ACS	2412,5	414,6	-1997,9	-82,81	608	137,2	-470,8	-77,43
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>3304,1</b>	<b>-7248,4</b>	<b>-68,69</b>	<b>2659,3</b>	<b>951,2</b>	<b>-1708,1</b>	<b>-64,23</b>



Gráfica 8-36 Comparación del consumo anual de energía. Propuesta 7.

- Coste económico en energía.

Tabla 8-99: Coste económico en energía. Propuesta 7.

SISTEMAS	O kWh	O €	M kWh	M €	€ DIF.
CAL	8140	643,06	2889,5	138,87	-504,19
ACS	2412,5	190,59	414,6	19,93	-170,66
<b>Total</b>	<b>10552,5</b>	<b>833,65</b>	<b>3304,1</b>	<b>158,80</b>	<b>-674,85</b>

#### 8.4.4.3. Presupuesto.

BOMBA DE CALOR			8.435,00 €
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
<p>Suministro e instalación de Sistema de Arotermia marca VAILLANT modelo split compuesto por lo siguiente:.</p> <p>-Bomba de calor aroTHERM plus sistema autónomo modelo 6kW con refrigerante natural R-290.</p> <p>-Sensor CONFORT VRC 720.</p> <p>-Sistema compacto uniTOWER plus 185L.</p> <p>-Deposito de inercia de 18L integrado en la uniTOWER.</p> <p>-Válvula mezcladora de 3vías.</p> <p>Incluidas conexiones frigoríficas y DESFANGADOR.</p> <p>Totalmente instalado y funcionando.</p>	1,00	8.435,00 €	8.435,00 €

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

SALA TÉCNICA			2.732,01 €
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Suministro e instalación de <b>grupo de impulsión con bomba electrónica</b> , para impulsar a cada planta. Totalmente instalado y funcionando.	3,00	212,05 €	636,15 €
Deposito acumulador de instalación vertical con serpentín interior para producción de ACS fabricado en acero inoxidable duplex 2205	1,00	978,19 €	978,19 €
Vaso de Expansión de ACS de 25L	1,00	21,67 €	21,67 €
Partida de material para la conexión de los diferentes equipos que forman la instalación, incluyendo: valvulería, tubería y aislamiento, purgadores, llaves de paso, termómetros para	1,00	956,00 €	956,00 €
Partida de instalación eléctrica de la instalación: Cuadro de protecciones, cableado eléctrico, cableado de control (a sondas, a actuadores, etc.) y p.p. pequeño material. Totalmente instalado y funcionando.	1,00	140,00 €	140,00 €

MANO DE OBRA			1.272,00 €
Descripción	Cantidad (h)	Precio Unitario	Total
Intalación y montaje de la bomba de calor y sala tecnica (Instalador y ayudante de Instalador) + Costos de transporte.	48,00	26,50 €	1.272,00 €

RADIADORES DE BAJA TEMPERATURA			2.405,00 €
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Suministro e instalación de radiador de aluminio de la marca FERROLI de modelos XIAN600, o similar, según las necesidades de espacio existentes, incluso soportes, purgadores, válvulas y piezas especiales, incluida la tubería de distribución en multicapa, y generales desde sala técnica, según lista siguiente:			
Salón-Comedor : Radiador de 13 elementos, con válvula termostática.	1,00	356,00 €	356,00 €
Cocina : Radiador de 6 elementos, con válvula termostática.	1,00	234,00 €	234,00 €
Baño 1 : Toallero.	1,00	161,00 €	161,00 €
Distribuidor-Hall : Radiador de 5 elementos.	1,00	189,00 €	189,00 €
Dormitorio 1 : Radiador de 9 elementos, con válvula termostática.	1,00	294,00 €	294,00 €
Dormitorio 2 : Radiador de 8 elementos, con válvula termostática.	1,00	278,00 €	278,00 €
Baño 2: Toallero.	1,00	203,00 €	203,00 €
Distribuidor : Radiador de 4 elementos.	1,00	191,00 €	191,00 €
Baño 3 : Toallero.	1,00	175,00 €	175,00 €
Dormitorio 3 : Radiador de 11 elementos, con válvula termostática.	1,00	324,00 €	324,00 €
MANO DE OBRA			265,00 €
Descripción	Cantidad (h)	Precio Unitario	Total
Intalación y montaje (Instalador y ayudante de Instalador) + Gastos de transporte.	10,00	26,50 €	265,00 €

#### 8.4.4.4. Resumen de la propuesta de mejora.

Como consecuencia de la mejora, el ahorro económico en energía será de unos **674,85€/año**. La inversión necesaria para la instalación de esta mejora será de **15109,01€**.

El consumo de energía final total disminuye en torno al **68,69%**, que en términos de consumo corresponden a **7248,4kWh** menos al año con respecto a la vivienda objeto.

Con respecto a la calefacción, la reducción será del **64,5%**, unos **5250,5 kWh** menos al año.

El consumo de ACS se verá reducido un **82,81%**, es decir, **1997,9kWh** menos al año.

Se evitará con esta mejora unas emisiones de **1708,1 kg de CO<sub>2</sub>** al año.

Con dicha mejora, la calificación energética final mejora considerablemente, obteniéndose la máxima calificación de A.

## 9. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO.

Tras obtener los resultados de las diferentes propuestas de mejora, se procede a realizar un análisis técnico-económico. En éste, se estudiará la viabilidad técnica sobre la implantación de estas medidas y su inversión asociada. Todas ellas, se deberán ajustar a una vivienda unifamiliar de 121,16 m<sup>2</sup> y con una estimación de 4 residentes.

En un primer lugar se desarrollaron mejoras con respecto al aislamiento térmico de la vivienda, en cuyo caso, estas no presentaron unos buenos resultados económicos. Sin embargo, mejoraban la situación de la vivienda.

En la actualidad la vivienda posee una única capa de aislamiento de alta calidad ( $\lambda = 0.037 \text{ W/mK}$ ), se trata del poliestireno expandido (EPS), este se encuentra aplicado en los muros exteriores (6cm), medianeras (2cm), forjados interiores (5cm) y en la cubierta (8cm).

Según la normativa del Documento Básico DB Ahorro de Energía, respecto a los valores límites de la transmitancia térmica, las envolventes que contiene dicho aislamiento no cumplen con las transmitancias térmicas límite, esto es debido a que la construcción de dicha vivienda es anterior a la actualización de la actual normativa.

Para cumplir con dicha normativa, se planteó la introducción de 5 cm de dos tipos de aislamientos, en primer lugar, fibra de celulosa ( $\lambda = 0.039 \text{ W/mK}$ ) y en segundo lugar poliuretano ( $\lambda = 0.025 \text{ W/mK}$ ).

Con estas dos propuestas de mejora, se ha comprobado que, actuar sobre la envolvente térmica de una vivienda con una situación actual adecuada, a pesar de no cumplir con la normativa, no se traduce en un ahorro económico suficiente como para hacer frente a la inversión inicial. Esto se debe a que, en este tipo de intervenciones es necesario utilizar una gran cantidad de material y medios adecuados para trabajar en altura. En primer lugar, se introdujo la fibra de celulosa que supone una inversión de 3000€, cuyo resultado es un ahorro de 42€/año. Mientras que, con la introducción de poliuretano, cuya transmitancia térmica es inferior, se obtiene un ahorro mayor, 48€/año con una inversión inicial de 2500€.

Como era de esperar, una mejora en el aislamiento térmico se traduce en una reducción de la demanda energética en la vivienda, como consecuencia, los parámetros de consumo y emisiones también se verán reducidos. Se aprecia que los cambios no son significativos, con la propuesta de fibra de celulosa la demanda de energía final se reduce casi un 5%, mientras que, con poliuretano, se reduce casi un 6%. De aquí se puede destacar que, a pesar de la diferencia existente entre las transmitancias térmicas de ambos aislantes, esto no se verá reflejado, de forma significativa, en los resultados finales sobre la demanda energética. Además, cuanto mayor es el espesor de la capa de aislamiento, menores serán las pérdidas de calor, y, por ende, menor demanda energética.

En cuanto a la calificación energética, ninguno de los casos consigue mejorar la etiqueta “C”, que actualmente ya posee la vivienda. En el mejor de los casos, con la introducción de poliuretano, la puntuación, en lo referente al consumo de energía no renovable, se reduce desde los 91,5 a los 86,2, mientras que, en el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub>, se reduce desde un valor original de 19,4 hasta alcanzar los 18,4. Por tanto, se reafirma que, estas propuestas no presentan mejoras significativas. Dichas propuestas son más

recomendables en caso de edificios antiguos que no dispongan de aislante térmico entre sus capas, o viviendas que se encuentren en zonas climáticas frías.

En un segundo lugar, se planteó la posibilidad de reducir el consumo eléctrico de la vivienda, a través de la sustitución de luminarias y de electrodomésticos. Estas propuestas sí presentaron unos buenos resultados económicos. Sin embargo, no mostraron una mejora en la situación inicial de la vivienda. Esto se debe a que, si comparamos el consumo energético entre la instalación lumínica o el conjunto de electrodomésticos y el consumo del sistema de calefacción o ACS, este primero es muy inferior. Ahora bien, si esta comparación se realizase entre luminarias y electrodomésticos, se vería que estos últimos conllevan una mayor demanda eléctrica. Por esta razón, el CTE no contempla como necesario el cálculo de la eficiencia energética en el caso de las luminarias.

Respecto a la iluminación, se propuso la sustitución total de la iluminación interior de la vivienda. Esta, en la situación inicial, contaba con luminarias fluorescentes, las cuales se estudió la posibilidad de sustituirlas por luminarias de tipo LED. Con esta mejora, no se obtienen resultados visibles, debido a que el número de luminarias existentes en una vivienda unifamiliar es reducido. Sin embargo, si se puede observar una amplia reducción de la potencia consumida, pasando de 0,58 kWh, con fluorescentes, a 0,21 kWh con LED. Esta reducción en la potencia supone un ahorro energético de 33€/año, con una inversión de 150€.

En la actualidad, esta mejora es ampliamente adoptada en muchos edificios u oficinas. Este tipo de establecimientos cuentan con un gran consumo eléctrico por parte de las luminarias, ya que presentan un elevado número de ellas. La adopción de este tipo de medidas les conlleva un ahorro anual considerable, además, supone una inversión admisible.

Las luminarias LED presentan diferentes ventajas con respecto a la fluorescentes. La más destacable, es la reducción de la potencia instalada (puede verse de forma simplificada en el caso de estudio), haciendo posible la realización de un nuevo estudio de potencia, cuyo fin será disminuir el término fijo de la factura de la luz. Otra ventaja destacable, es la menor posibilidad de fallo, haciendo de estas unas luminarias con una mayor vida útil.

En el caso de los electrodomésticos, la sustitución no sería total sino parcial, seleccionando aquellos electrodomésticos cuyo consumo es mayor. Los electrodomésticos seleccionados fueron los siguientes; nevera, vitrocerámica, televisor y lavadora. El motivo por el que no se aplicó una sustitución total fue el elevado coste que conllevaría y que, por tanto, el horizonte de recuperación de la inversión sería muy lejano. Además, de este modo, y solo seleccionando los más demandantes, se estaría gestionando más de la mitad del consumo total de todos ellos, y haciendo más rápida la recuperación de la inversión.

Esta propuesta obtuvo mejores resultados que la anterior. El consumo eléctrico se redujo desde los 26,65kWh/día a los 11,52kWh/día, cuyo ahorro supondría 1330€/año y con una inversión de 2600€.

Al igual que con las luminarias, la factura de la luz se vería reducida, además de poder disminuir el término fijo de la factura de la luz, reduciendo la potencia contratada.

La sustitución de los electrodomésticos antiguos en una vivienda por otros más eficientes es una inversión necesaria asumible, pero que, puede llevarse a cabo de forma progresiva, y que tendrá como resultado ahorros importantes.

En tercer lugar, se optó por desarrollar modificaciones en las instalaciones de calefacción y ACS, cuyo objetivo es la reducción del consumo energético y de las emisiones de CO<sub>2</sub>, derivando en mejoras de confort y en una mejor calificación energética.

Dentro de esto, la propuesta 5, planteaba la sustitución de la caldera existente, de gas natural, por una caldera de biomasa, ambas destinadas a la generación de calefacción y ACS. Este cambio supone una elevada inversión, pero un reducido ahorro energético, si se compara. En el caso de estudio, el cómputo global de consumo de energía se incrementa un 2,07%.

Esta propuesta está destinada principalmente a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que el coeficiente de paso de energía final consumida a CO<sub>2</sub> emitido, es muy bajo y, anteriormente era neutro. Esto se puede observar en el caso de estudio, debido a que las emisiones de CO<sub>2</sub> se redujeron en un 76,84% en un año, obteniendo una calificación energética de A, al ser una energía renovable. Sin embargo, se ha de tener en cuenta que la biomasa no es una fuente de energía completamente limpia, debido a su proceso de producción, y a su transporte hasta el punto de consumo.

Para el caso de estudio, esta propuesta, sería una opción viable al poderse mantener la instalación de los emisores de calor, es decir, los radiadores, y solo actuar en el cambio de la caldera e implementación del acumulador de ACS.

Un factor muy importante para tener en la modificación de la instalación es el espacio disponible, por suerte la vivienda en cuestión cuenta con un amplio garaje, disponiendo así de espacio suficiente para la implantación de la nueva instalación.

Como ya se ha mencionado anteriormente, esta propuesta supone una alta inversión, concretamente de 7700€. Este elevado presupuesto se debe principalmente al coste de la caldera de biomasa, que, si lo comparamos con una caldera de gas natural, este es muy elevado. Además, este sistema necesita un acumulador, cuya función es la de aprovechar la caldera para producir ACS, necesita también bombas, mezcladoras de caldera, vasos de expansión, etc. Todo esto, junto con el reducido ahorro energético que supone, elevan enormemente los costes.

A pesar de este aumento, en términos económicos sí que se experimenta un ahorro económico a largo plazo, como consecuencia del menor coste de la biomasa en aproximadamente menos de la mitad que el del gas natural. En el caso de estudio, se obtiene un ahorro de 220€/año, que en comparación con la inversión a realizar es muy pequeño, es por ello, que en muchas viviendas todavía se sigue optando por la utilización de calderas de gas natural, que aparte de ser muy eficientes, el ahorro que se consigue con la caldera de biomasa es muy reducido. Sin embargo, la necesidad de que aproximadamente el 50% de la energía consumida sea procedente de fuentes renovables en viviendas de nueva construcción y en rehabilitaciones según el Código Técnico de la Edificación (CTE), y las subvenciones de los diferentes gobiernos autonómicos destinados a la implantación de energías renovables en las viviendas, provocan que, las calderas de biomasa sean una de las alternativas más razonables para instalar.

La propuesta 6, se basa en la modificación del sistema de calefacción de la vivienda para asegurar el confort térmico de los residentes.

En el caso del edificio objeto de estudio, los emisores del sistema de calefacción que emplea la vivienda son radiadores convencionales. Estos emiten calor al ambiente en el que se localizan. Su funcionamiento se basa en la circulación de agua caliente en su



interior, esta agua procede de la caldera de gas natural y el calor es cedido por radiación y/o convección, dependiendo de la temperatura del agua, superficie de intercambio y diseño del emisor.

Cuanto mayor sea la superficie de intercambio y mayor sea la diferencia de temperatura, mayor será el calor emitido. Se destaca como ventaja su poca inercia térmica ya que se calientan rápidamente cediendo el calor, sin embargo, al dejar de funcionar la caldera, se enfrían de la misma forma. Además, el confort de este tipo de emisores de calor es reducido, al no calentar de forma uniforme toda la estancia. Principalmente es por este motivo, por el cual, se planteó la sustitución del sistema de calefacción actual, por un sistema de calefacción de suelo radiante. Éste permite calefactar la superficie total del suelo en los espacios acondicionados, manteniéndolos a una temperatura constante y uniforme, no suele superar los 30°C.

Es cierto que el suelo radiante debido a su elevada inercia tarda mucho tiempo en calentar el ambiente, sin embargo, es importante saber que mantener encendido el suelo radiante de forma continua en época de frío, no quiere decir que el consumo vaya a aumentar ya que el termostato ambiente regulará los arranques/paradas del sistema.

El sistema de calefacción por suelo radiante tiene diversas ventajas con respecto a otros métodos de calefacción. Por un lado, mejora considerablemente el confort de espacio climatizado, ya que se genera una distribución homogénea de temperaturas dentro del mismo. Por otro lado, la baja temperatura del emisor evita la creación de corrientes convectivas, haciendo este sistema ideal para lugares con techos altos. Esto es debido a que el calor tiende a ascender, y después al aumentar su densidad desciende, realizando un ciclo cerrado. Además, esto también ayuda a que se disminuya la circulación de partículas de polvo en el ambiente.

Otra importante ventaja de este sistema es que permite un comportamiento térmico mucho más eficiente en la vivienda al incidir sobre la temperatura resultante de cada una de las estancias. Esta está directamente relacionada con la sensación térmica del lugar, dependiendo de tres parámetros:

- Temperatura seca: temperatura del aire medida con un termómetro de mercurio.
- Temperatura radiante media: temperatura media de los objetos que rodean a una persona y que intervienen en su ganancia o pérdida de calor por radiación.
- Velocidad del aire.

Esto provoca que, al aumentar la temperatura de los cerramientos del espacio, la climatización por suelo radiante aumenta la temperatura radiante media, permitiendo conseguir una temperatura resultante óptima con una temperatura seca del aire menor, es decir, entre uno y tres grados inferior a la necesaria con el actual sistema de calefacción. Debido a esto, se consigue tener un menor salto térmico entre los cerramientos interiores y exteriores, disminuyendo las pérdidas de calor en el recinto.

Como se mencionó anteriormente, la temperatura de impulsión necesaria para el sistema de suelo radiante es menor de 45°C, en el caso de estudio esta temperatura es de 44°C, casi la mitad de los 70°C que necesita el sistema de calefacción por radiadores. Se debe principalmente a este motivo, la necesidad de sustituir la caldera de gas natural actual por una caldera de condensación de gas natural que permita impulsar a bajas temperaturas, necesarias para el suelo radiante. Esto encarece el coste de la instalación, pudiendo no ser rentable a corto-medio plazo la inversión.

El objetivo principal de esta propuesta no está centrado principalmente en la reducción de consumo de energía final o emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que únicamente son reducidos un 16.24% al año, sino que se centra en mejorar el confort, la calidad y la gestión de espacios en las estancias.

El ahorro económico obtenido (135€/año), al instalar dicho sistema, es muy reducido en comparación con la elevada inversión de 7765€.

El programa de cálculo no contempla la introducción de suelo radiante, por lo que se supuso que cada circuito de suelo radiante era un radiador, además de introducir la carga térmica calculada para cada uno de los circuitos.

Por todo esto, se puede decir que se trata de una inversión muy elevada si se compara con el ahorro energético obtenido.

El tiempo de funcionamiento de la caldera de condensación será menor al tener que impulsar agua a menor temperatura que una caldera convencional, como consecuencia, se obtiene ese ahorro energético. No cabe duda de que, si el programa contemplase la opción de introducir el suelo radiante, el ahorro habría sido bastante mayor. Sin embargo, en viviendas ya construidas la inversión seguirá siendo elevada, debido al coste de la caldera, los materiales necesarios, y la obra que conllevaría el levantamiento del suelo.

Otros factores en contra son, la reducida superficie de las estancias y la disposición de cerramientos adecuados, por lo que, las pérdidas no son excesivas y, por tanto, los radiadores se presentan como una mejor alternativa en cuanto a calidad-precio. Aun así, en caso de que los residentes contemplasen una mejora en el confort de la vivienda, esta alternativa sería ideal y amortizada a largo plazo.

Finalmente, al no reducir en gran medida ni el consumo ni las emisiones de CO<sub>2</sub>, y al no utilizar fuentes de energías renovables, la calificación energética no mejora (16,6-C).

En la presente propuesta 7 se desarrolla el estudio sobre la sustitución de la caldera de gas natural, que actualmente se encuentra instalada en la vivienda, por una bomba de calor (aerothermia).

Mediante esta propuesta la eficiencia energética consigue una calificación de tipo A. Sin embargo, los resultados obtenidos son menos atractivos que en el caso de la caldera de pellets, 6,8 y 4.6 respectivamente. La disminución en el consumo de energía es muy significativa, pues se trata de un sistema más eficiente, reduciéndose aproximadamente un 70% al año. Esto se debe a que, sobre un coste de 100 unidades de energía, consume en torno a 22 de electricidad y el resto lo toma del aire, sin coste alguno. Es decir, extrae un 77% de la energía ambiental del aire, ya que cualquier temperatura por encima del cero absoluto contiene energía, que un equipo de aerothermia es capaz de aprovechar. Aunque se encuentre por debajo de los 0°C existe una gran cantidad de energía que el sistema puede captar del aire exterior, para después bombearla hacia el interior de la vivienda. Debido a esto, la localización de la vivienda objeto en un clima templado hace de esta alternativa una de las mejores para conseguir un gran ahorro en el consumo de energético.

Este sistema está únicamente alimentado por electricidad, se trata de una pequeña proporción necesaria para el funcionamiento del compresor de la bomba de calor. El

consumo de energía no renovable no disminuye de forma cuantiosa, pero sí de forma considerable si se compara con las propuestas anteriores, exceptuando la caldera de biomasa.

La gran desventaja de este sistema es, sin duda alguna, la gran inversión inicial requerida para su instalación. Según los precios de las unidades proporcionadas por el proveedor, se estima que el coste de los equipos necesarios, incluyendo su instalación, sería de 12439€. Este precio tan elevado también se debe a la elección de una bomba de calor nueva, que utiliza como refrigerante el R-290, un derivado del propano. Esta elección se debe al cambio de la tendencia de fabricación de dichas bombas, que pasaran de fabricarse con R-410 a R-290, debido a menor poder de calentamiento atmosférico, por lo que, en caso de avería de una bomba de calor de R-410, sería más difícil de encontrar recambios, en comparación con las nuevas R-290. Además, el precio de la electricidad actualmente oscila en torno a 0,2403 €/kWh. Es importante saber que, con la implantación de los sistemas de aerotermia, la vivienda únicamente necesitaría el uso de electricidad, prescindiendo de cualquiera de las otras fuentes de energía (gas natural, gasoil, propano, etc.).

Además, la bomba de calor se implementará junto con el suelo radiante como emisor térmico, por lo que, el coste de la inversión inicial será más elevado. Para contrarrestar esta inversión es necesario destacar que las bombas de calor no necesitan apenas mantenimiento, además de que su vida útil es muy elevada. A pesar de obtenerse un ahorro anual de aproximadamente 700€/año, de reducir considerablemente el consumo de energía y de obtener un gran confort con el suelo radiante, la inversión necesaria para implementar este sistema resulta difícil de justificar.

Existen dos consideraciones que, se podrían realizar de cara a justificar dicha rentabilidad. En primer lugar, la existencia de subvenciones por parte de los gobiernos regionales de hasta un 40% a fondo perdido o tarifas eléctricas especiales que posibilitaría un mayor ahorro anual en combustible. Esta última está más destinada a empresas o grandes consumidores, por lo que se podría amortizar antes la inversión. Para la vivienda en cuestión y para cualquier otra similar, resulta muy complicado recuperar esta inversión a corto-medio plazo.

Por otro lado, hay que resaltar que en la simulación no se ha incluido la posibilidad de que la bomba de calor funcione como sistema de refrigeración mediante un suelo radiante refrescante. Esto es debido tanto a la baja demanda de refrigeración que presenta la vivienda, como a las limitaciones del programa CALENER VYP, a la hora de implementar ciertas situaciones.

Una de las grandes desventajas de una instalación formada por bombas de calor y suelo radiante, es su altísima inversión. Como ya se mencionó anteriormente, la bomba de calor es de los sistemas más eficientes, siendo una opción muy destacable para implementar en una vivienda, a pesar de su alto coste. Es por eso, por lo que, con la propuesta 8, se plantea mantener la instalación de bomba de calor (aerotermia), sin embargo, se sustituye la implantación del suelo radiante por radiadores de baja temperatura, siendo esta una instalación mucho más asequible en términos económica. El coste de esta última se encuentra entorno a los 2400€, mientras que la instalación formada con suelo radiante ronda los 3100€, eso sin contar con los costes de montaje, y los relacionados con el mortero nivelante. Para ambas propuestas, la bomba de calor es la misma.

La gran diferencia entre los radiadores convencionales y los de baja temperatura, son que, estos últimos no necesitan de una elevada temperatura para su funcionamiento. De hecho, un radiador de baja temperatura puede funcionar perfectamente entre los 35°C Y 50°C, mientras que un radiador de hierro fundido necesita 80°C, y un radiador de aluminio más de 60°C.

Al necesitar menor temperatura, el ahorro de energía es muy elevado. Es por eso por lo que, los radiadores de baja temperatura se combinan perfectamente con las bombas de calor, ya que estas también trabajan a bajas temperaturas. El consumo de energía se reduce un 68%, similar a la propuesta 7 con suelo radiante, 70%. Se concluye por tanto que, por un lado, la bomba de calor es el principal responsable de esta reducción de energía, independientemente del tipo de sistema emisor de calefacción, ya sea radiadores o suelo radiante. Por otro lado, la poca diferencia existente en el resultado de la calificación energética en función de la temperatura de impulsión del agua, es decir, a pesar de que la temperatura de impulsión para el suelo radiante es más baja que para los radiadores de baja temperatura, la diferencia existente en el consumo de energía finales de apenas 178,6kWh/año. Esta poca diferencia puede deberse a que el programa de cálculo LIDER-CALENER no tiene en cuenta la simulación correcta del suelo radiante, ni tampoco simula bien con relación a las temperaturas introducidas de operación.

El ahorro energético de ambas propuestas es bastante similar. Dada diferencia corresponde con la pequeña variación entre los ahorros energéticos.

A diferencia que el suelo radiante, estos radiadores poseen poca inercia térmica, por lo que, consiguen la temperatura en un corto periodo de tiempo. Es decir, con suelo radiante se tardará mucho más en calentar todas las estancias, como ya se indicó en la propuesta 6. Es por esto, que la alternativa de radiadores de baja temperatura la hacen óptima para viviendas con una baja ocupación a lo largo del día.

A pesar de que con la instalación del suelo radiante se alcanza un elevado grado de confort térmico en cada una de las estancias y que su vida útil es muy elevada, los radiadores de baja temperatura también poseen una alta eficiencia, y dependiendo del diseño, su estética también suele ser agradable. Los radiadores han evolucionado tanto que ya no existe tanta diferencia con el suelo radiante en viviendas de tamaño medio. Presentan como desventaja su tamaño, este en general es más grandes que los convencionales. Esta diferencia se debe a que, al trabajar con menores temperaturas, necesitan más superficie de intercambio con la estancia para climatizarla adecuadamente.

Como ya se mencionó, la mejor combinación posible para un radiador de baja temperatura es la aerotermia, obteniéndose muy buenos resultados. En el caso de estudio se obtiene una calificación energética de 7 A.

Su instalación es muy sencilla y similar a una con radiadores convencionales, tan solo se tienen que conectar a la red hidráulica de climatización. La única misión del radiador de baja temperatura es la de intercambiar energía entre el agua y el aire ambiente. Al igual que con el suelo radiante, la instalación puede ser completada con un sistema de control remoto que permita al usuario desde cualquier lugar, realizar la gestión integral del equipo. Además de, programar el encendido y apagado de su aerotermia.

## 10. ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD.

Una vez analizada la parte técnica sobre el desarrollo de las diferentes propuestas de mejora, es necesario analizar dichas mejoras desde un punto de vista económico.

La aplicación de dichas propuestas implica un elevado desembolso económico inicial, pero con el paso del tiempo supondrá un importante ahorro, ya que, estas están enfocadas a reducir el consumo energético dentro de la vivienda.

El grado de inversión dependerá de la complejidad de la instalación, del rendimiento, la calidad de los materiales, mano de obra, etc.

Cuando se invierten grandes sumas de dinero es interesante conocer la rentabilidad de esa inversión. A continuación, serán representados los flujos de caja de las diferentes inversiones y su evolución de recuperación. Por otro lado, se mostrará las mismas valoraciones, esta vez teniéndose en cuenta la evolución del dinero a lo largo de un periodo de 25 años. Para llevar a cabo esta valoración será necesario recurrir al cálculo del VAN (Valor Actual Neto) y del TIR (Tasa Interna de Retorno).

El VAN es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto.

$$VAN = \text{Beneficio neto actualizado (BNA)} - \text{Inversión}$$

El BNA es el valor actual del flujo de caja o el beneficio neto proyectado, este ha sido actualizado mediante una tasa de descuento ( $k$ ). Esta última es la tasa de rendimiento o rentabilidad mínima que se espera obtener. En este caso se supone una tasa del 3%.

- **$VAN < 0$**  el proyecto no es rentable. Cuando la inversión es mayor que el significa que no se satisface la  $k$ .
- **$VAN = 0$**  el proyecto es rentable. Cuando el BNA es igual a la inversión ( $VAN$  igual a 0) se ha cumplido con la  $k$ .
- **$VAN > 0$**  el proyecto es rentable. Cuando el BNA es mayor que la inversión ( $VAN$  mayor a 0) se ha cumplido con dicha tasa y, además, se ha generado un beneficio adicional.

$$VAN = C_0 + \frac{C_1}{(1+k)} + \frac{C_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+k)^n}$$

Siendo:

$C_0$ =Inversión Inicial (€).

$C_n$ =Flujos de caja (€).

$k$ = Tasa de descuento (%).

Por otro lado, el TIR es un porcentaje que indica el beneficio o la pérdida que supone la inversión.

- Si  **$TIR > k$** , el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- Si  **$TIR = k$** , estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero.

- Si  $TIR < k$ , el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

$$0 = C_0 + \frac{C_1}{(1 + TIR)} + \frac{C_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1 + TIR)^n}$$

*Siendo:*

$C_0$ =Inversión Inicial (€).

$C_n$ =Flujos de caja (€).

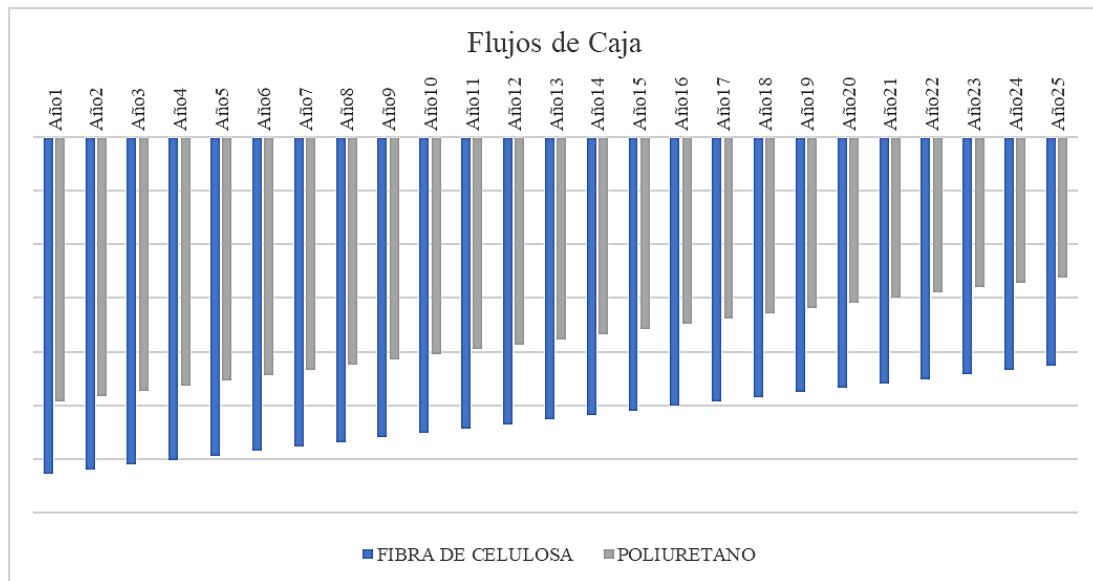
$TIR$ =Tasa Interna de Retorno (%).

A continuación, se representa la relación existente entre el capital invertido y el ahorro de las mejoras, en un horizonte temporal de 25 años tras su puesta en marcha. Se estima que la inversión es cubierta totalmente en el primer año, desde ese mismo año, se comienza a descontar el ahorro obtenido por cada mejora, hasta completar los 25 años.

Las diferentes propuestas han sido agrupadas en tres grupos, en función al entorno sobre el que actúa, pérdidas por aislamiento, consumo eléctrico, demanda de ACS y calefacción. Para así comparar frente a inversiones y ahorros de rangos similares.

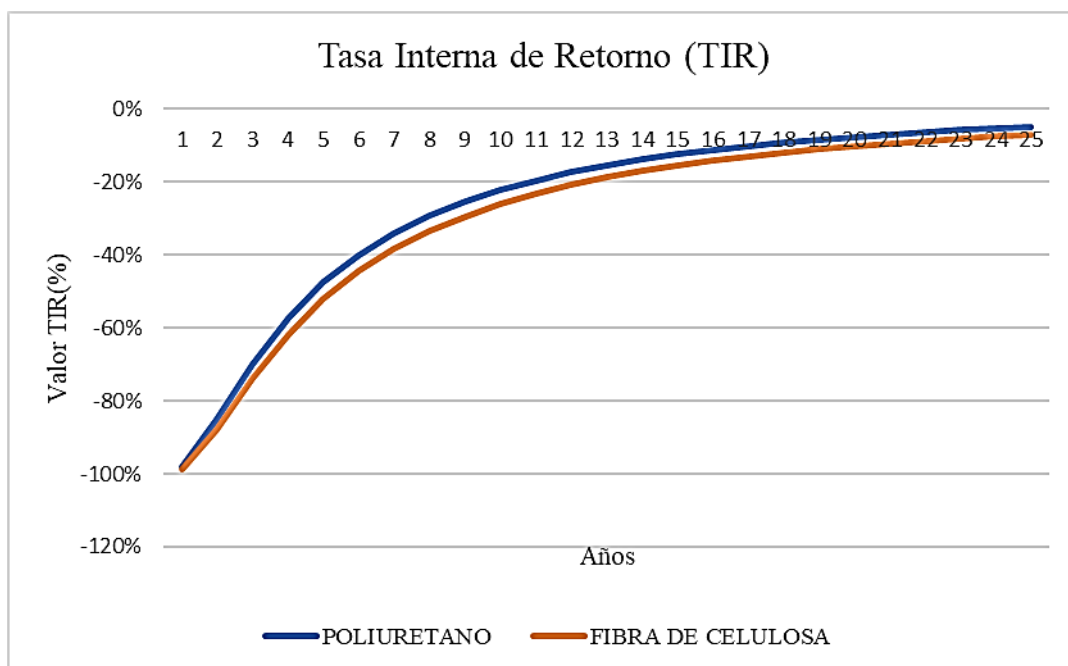
El primer grupo, está constituido por las propuestas 'Introducción de fibra de celulosa como aislante de la envolvente térmica' y 'Introducción de poliuretano como aislante de la envolvente térmica'. Ambas medidas están enfocadas a la reducción de las pérdidas térmicas, y en el cumplimiento del Código Técnico con respecto a los valores límites de la conductividad térmica.

Como ya se comentó con anterioridad, tanto el aislamiento con fibra de celulosa, como con poliuretano, consiguieron reducir la demanda de energía final, así como el cumplimiento del Código Técnico. Sin embargo, los resultados económicos que resultaron no fueron favorables, ya que ambas medidas conllevan una inversión muy elevada si se compara con el ahorro obtenidos.



Gráfica 10-37: Flujo de caja de la relación entre la inversión y el ahorro en las propuestas de aislantes térmicos.

A continuación, se puede observar que estas propuestas no deberán ser aceptadas, ya que, no alcanzaban la rentabilidad mínima que se requería a la inversión.



Gráfica 10-1: Tasa Interna de Retorno en las propuestas de aislantes térmicos.

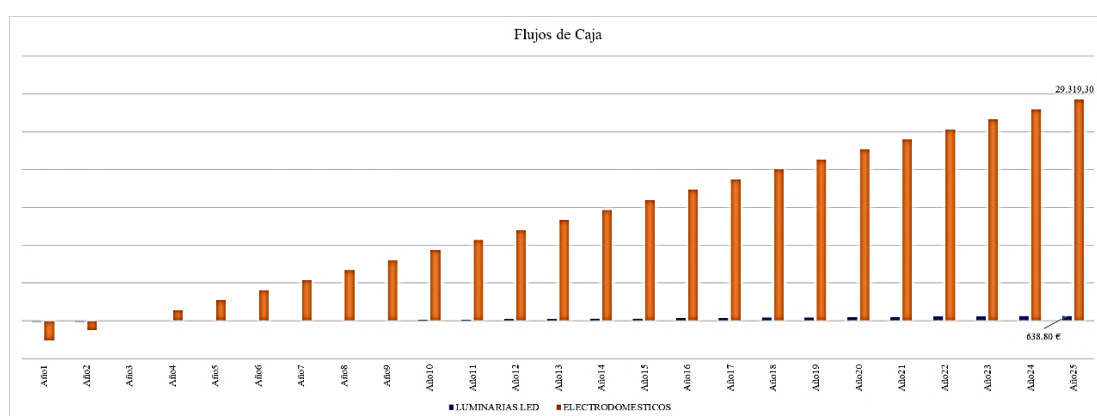


Como se puede observar en las gráficas anteriores, la fibra de celulosa conlleva una inversión inicial superior al poliuretano. Ambas propuestas, en un periodo de 25 años, no son amortizadas, y se encuentran lejos de presentar una recuperación del capital invertido.

Para la opción con fibra de celulosa se estimó, que la recuperación total se produciría a los 75 años de su implantación, y a partir de ese momento se comenzarían a obtener beneficios, en forma de un verdadero ahorro económico. Algo similar sucede con el poliuretano, solo que, en este caso, el tiempo de recuperación de capital se reduce a los 51 años. Por tanto, se puede concluir, que ambas propuestas no presentan una rentabilidad económica. Esto último, siempre y cuando no se tuviera en cuenta la evolución del dinero, pero de esta forma se puede entender que dichas soluciones están muy lejos de ser viables.

El segundo grupo de propuestas está integrado por ‘Sustitución total de la iluminación de la vivienda por LED’ y ‘Sustitución parcial de los electrodomésticos por otros más eficientes’. Ambas propuestas se enfocan en la reducción del consumo eléctrico en la vivienda.

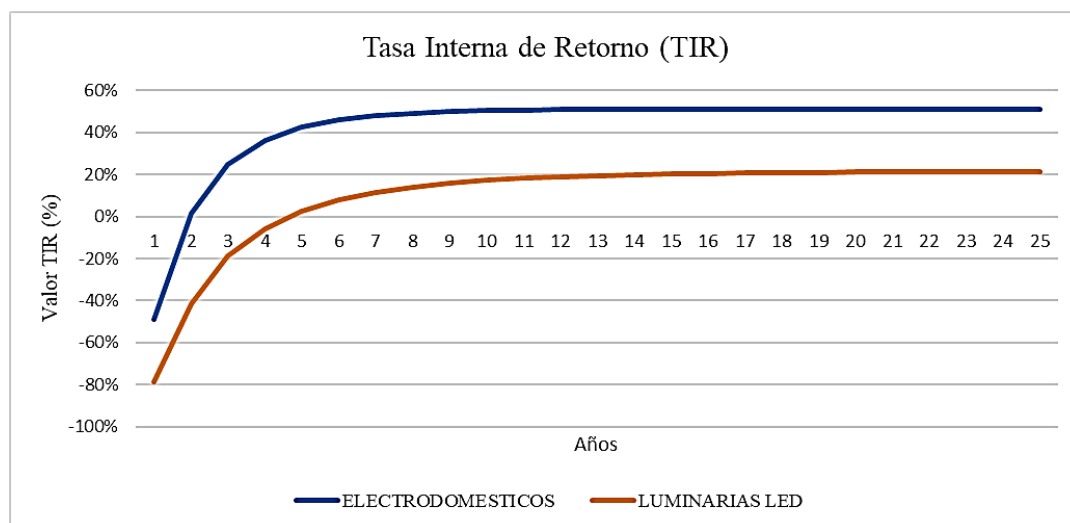
Al igual que el grupo anterior, técnicamente cumplen con dichos objetivos, reduciendo la potencia consumida. Económicamente estas propuestas presentan unos resultados favorables. Las inversiones de estas no son elevadas, y sus ahorros son altos, dentro de su rango de inversión.



Gráfica 10-38: Flujo de cajas relación entre la inversión y el ahorro en las propuestas de reducción del consumo eléctrico.

A continuación, se puede observar que estas propuestas pueden ser aceptadas, ya que, alcanzan la rentabilidad mínima que requiere a la inversión. La instalación de nuevas lámparas LED comienza a ser rentable a partir del quinto año. La sustitución del electrodoméstico comienza a producir beneficios tras dos años.





Gráfica 10-2: Tasa Interna de Retorno sobre las propuestas de reducción del consumo eléctrico.

El tercer y último grupo, este compuesto por las siguientes propuestas ‘Sustitución de la caldera de GN por una caldera de biomasa’, ‘Sustitución de la caldera de GN por una caldera de condensación y los radiadores convencionales por suelo radiante’, ‘Sustitución de la caldera de GN por una bomba de calor incluyendo la plantación de suelo radiante’ y ‘Sustitución de la caldera de GN por una bomba de calor incluyendo de radiadores de baja temperatura’. Todos ellos están enfocados a reducir la demanda de calefacción y ACS, siempre satisfaciendo las necesidades de los residentes.

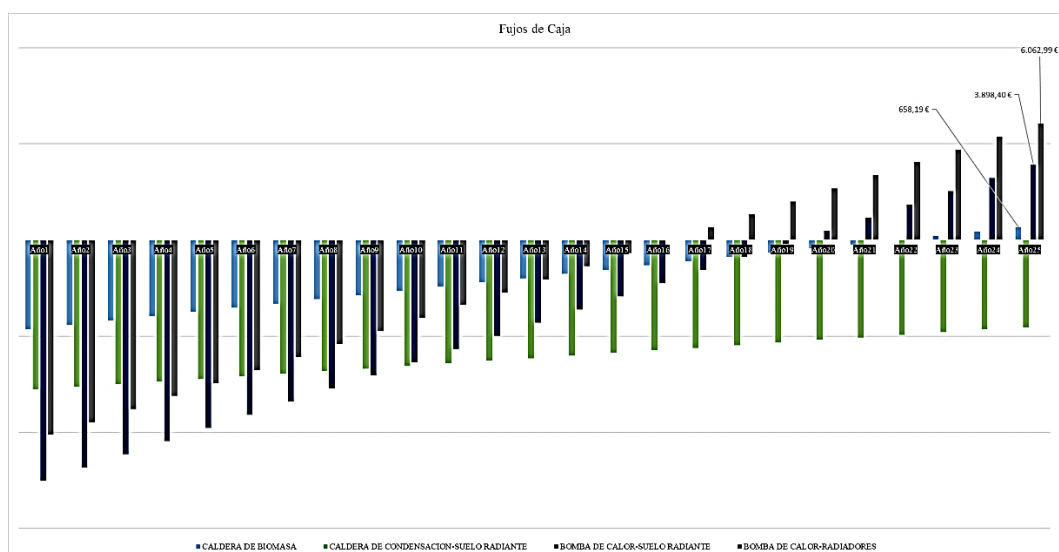
Técnicamente, todas ellas cumplen en mayor o menor medida su objetivo. Ahora bien, los mejores resultados son ofrecidos por parte de la instalación de la bomba de calor. Esta junto al suelo radiante ofrece el mejor ahorro.

Existe un gran fomento del uso de energías renovables, el actual Código Técnico establece por normativa que aquellos edificios de nueva construcción o rehabilitados han de consumir un 30% de energía procedente de fuentes renovables. Se prevé que con el nuevo Código técnico este 30% se convierta en un 50%. Para facilitar este proceso los gobiernos autonómicos contribuyen con ayudas a fondo perdido del 40% en instalaciones de bombas de calor y caldera de biomasa.

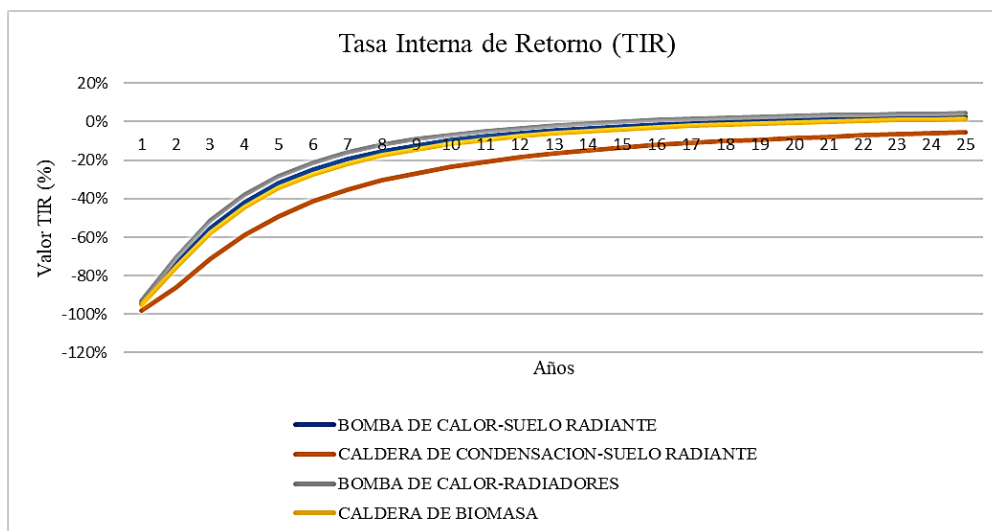
La inversión inicial de la caldera de biomasa suponía 7703€, mientras que después de aplicar dicha subvención ,4622€. En el caso de la bomba de calor con suelo radiante, la inversión inicial es de 17480€, tras aplicar subvención el coste se redujo hasta los 12504€. Por último, la bomba de calor con radiadores supone 15109€, tras subvención, 10133€.

En el caso de la caldera de condensación, se trata de un sistema altamente eficiente, pero no se trata de una fuente de energía renovables, por lo que, no existen, hasta el momento, una subvención para este tipo de instalaciones.

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.



Gráfica 10-39: Flujos de caja de la relación entre la inversión y el ahorro en las propuestas para la reducción del consumo y las emisiones.



Gráfica 10-3: Tasa Interna de Retorno en las propuestas para la reducción del consumo y las emisiones.

Se puede observar que:

La instalación de una caldera de condensación no presenta una inversión elevada, pero su recuperación es lenta, por lo que, se encuentra muy lejos de recurrirse el capital invertido.

Por otro lado, la instalación de una caldera de biomasa presenta la menor inversión, dentro de este grupo de propuestas, su recuperación también presenta un proceso largo, pero mucho menor que la propuesta anterior. Se prevé que para el año 31 tras su implantación (teniendo en cuenta la evolución del dinero).

Por último, la instalación de una bomba de calor, ya en sí, es muy elevada. Al combinarla con suelo radiante, se hace aun mayor que si se combina con radiadores de baja temperatura. La diferencia en la inversión es proporcional a la diferencia entre sus ahorros, presentando un mayor ahorro con el suelo radiante. A pesar de que, la inversión de ambas propuestas es elevada, sus ahorros son lo suficientemente elevados, como para que en unos 25 (suelo radiante) y 20 (radiadores de baja temperatura) años su inversión sea recuperada, y comiencen a producir beneficios. Como en todas las anteriores, cuando hablamos de beneficios, hablamos de ahorro económico.

Tabla 10-100: Resumen resultados del VAN y el TIR a 25 años.

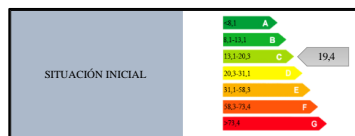
	VAN	TIR
FIBRA DE CELULOSA	-2.403,63 €	-7%
POLIURETANO	-1.622,73 €	-5%
LUMINARIAS LED	421,43 €	21%
ELECTRODOMESTICOS	20.558,79 €	51%
CALDERA DE BIOMASA	-790,92 €	1%
CALDERA DE CONDENSACION-SUELO RADIANTE	-5.413,93 €	-6%
BOMBA DE CALOR-SUELO RADIANTE	-603,31 €	3%
BOMBA DE CALOR-RADIADORES	1.617,85 €	4%

Aquellas propuestas cuyos TIR se encuentren por encima del 3% (tasa de descuento) se consideran proyectos viables, por ende, pueden ser aceptados. En el caso de la bomba de calor con suelo radiante, su TIR se encuentra igualado a la tasa de descuento, aun así, podría ser aceptado, encontrándose cerca de ser rentable o no, puede verse reflejado en el VAN, no habiéndose obtenido beneficios aun, pero encontrándose cerca de ello. Por tanto, asumir ese riesgo sería decisión del cliente.

### **11.CONCLUSIONES.**

Durante el presente documento se ha desarrollado un estudio energético de una vivienda unifamiliar, cuyo resultado obtenido fue una calificación energética (19.4) C. A continuación, se desarrollaron una serie de medidas con las que mejorar esa calificación, estas se hayan definidas y diseñadas en capítulos anteriores, y en la siguiente tabla, se definen algunos de los resultados obtenidos, como son las emisiones de CO<sub>2</sub> que se evitarían implantando dichas propuestas, una estimación de la inversión que conllevaría la implantación de estas, y el tiempo de recuperación de dicha inversión.

Tabla 11-101: Cuadro resumen de los resultados del estudio energético.



PROPUESTAS DE MEJORA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA [KgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	EMISIONES EVITADAS [KgCO <sub>2</sub> /año]	INVERSIÓN [€]		AMORTIZACIÓN [Años]
			Sin Subvención	Con subvención	
INTRODUCCIÓN DE FIBRA DE CELUSOSA		131,7	3.134,99 €	-	NO RENTABLE
INTRODUCCIÓN DE POLIURETANO		151,4	2.458,56 €	-	NO RENTABLE
REEMPLAZO TOTAL DE LAS LUMINARIAS POR LED		0,04	153,20 €	-	5 RENTABLE
REEMPLAZO PARCIAL DE ELECTRODOMESTICOS POR OTROS MÁS EFICIENTES		3,81	2.600,70 €	-	2 RENTABLE
SUSTITUCIÓN DE LA CALDERA DE GAS NATURAL POR UNA CALDERA DE BIOMASA		2043,5	7.703,01 €	4.621,81 €	NO RENTABLE
SUSTITUCIÓN DE LA CALDERA DE GN POR UNA DE CONDENSACIÓN Y LOS RADIADORES POR SUELO RADIANTE		431,9	7.764,70 €	-	NO RENTABLE
SUSTITUCIÓN DE LA CALDERA DE GN POR UNA BOMBA DE CALOR (AEROTERMIA) Y LOS RADIADORES POR SUELO RADIANTE		1747,1	17.479,76 €	12.504,16 €	25 RENTABLE
SUSTITUCIÓN DE LA CALDERA DE GN POR UNA BOMBA DE CALOR (AEROTERMIA) Y RADIADORES DE BAJA TEMPERATURA		1708,1	15.109,01 €	10.133,41 €	20 RENTABLE

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Con esta serie de datos, se ha podido determinar la rentabilidad o no de cada una de estas propuestas. Todas ellas han cumplido con los objetivos impuestos, evitar CO<sub>2</sub>, ahorro energético y económico. El caso es que, en alguno de los casos la inversión inicial es muy elevada con respecto al ahorro anual que presentan, por lo que, en este caso de estudio, estas no presentarían resultados suficientemente atractivos, como para considerar su implantación.

*Tabla 11-102: Cuadro resumen de los ahorros energéticos.*

Propuesta	Ahorro [€/año]
INTRODUCCIÓN DE FIBRA DE CELUSOSA	41,28 €
INTRODUCCIÓN DE POLIURETANO	47,46 €
REEMPLAZO TOTAL DE LAS LUMINARIAS POR LED	33,00 €
REEMPLAZO PARCIAL DE ELECTRODOMESTICOS POR OTROS MÁS EFICIENTES	1.328,60 €
SUSTITUCIÓN DE LA CALDERA DE GAS NATURAL POR UNA CALDERA DE BIOMASA	219,69 €
SUSTITUCIÓN DE LA CALDERA DE GN POR UNA DE CONDENSACIÓN Y LOS RADIADORES POR SUELO RADIANTE	135,39 €
SUSTITUCIÓN DE LA CALDERA DE GN POR UNA BOMBA DE CALOR (AEROTERMIA) Y LOS RADIADORES POR SUELO RADIANTE	683,44 €
SUSTITUCIÓN DE LA CALDERA DE GN POR UNA BOMBA DE CALOR (AEROTERMIA) Y RADIADORES DE BAJA TEMPERATURA	674,85 €

Las propuestas relacionadas con respecto al aislamiento, a pesar de presentar buenos resultados tras su implantación, técnicamente no son la solución más viable. Su implantación es tediosa y costosa, siendo medidas más enfocadas a edificios con aislantes deficientes o edificios de nueva construcción.

Las propuestas relacionadas con la sustitución de luminarias y electrodomésticos presentan buenos resultados técnicos, su implantación es sencilla, y su inversión no es elevada. Sí es cierto que, sus ahorros energéticos y económicos son pequeños, pero acordes y favorables con la magnitud de la medida. Además, la recuperación económica se produce a corto-plazo. Por todo esto, estas medidas sí presentan características adecuadas, como para considerar su implantación.

La sustitución de la caldera de gas natural por una caldera de biomasa presenta una solución técnica favorable, con una elevada reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub>, esta presenta la mejor opción desde el punto de vista medioambiental. Obteniendo la mejor calificación energética entre las propuestas estudiadas. La inversión es elevada, sin embargo, como ya se comentó, existen subvenciones que hacen de esta inversión una más asequible, y favoreciendo su amortización.

La sustitución de la caldera de gas natural por una caldera de condensación y los radiadores por un suelo radiante es viable desde un punto de vista técnico, ya que los resultados obtenidos son favorables. Por el contrario, económicamente presenta una inversión elevada, que, al no contar con subvención, es difícil de recuperar. Por lo que, esta medida no resulta rentable en esta situación.

Las últimas propuestas están enfocadas a la implantación de una bomba de calor, esta se encuentra combinada con suelo radiante o con radiadores de baja temperatura. Ambas propuestas presentan características técnicas muy similares, esto queda reflejado en sus resultados, similitud entre sus reducciones de CO<sub>2</sub>, sus inversiones, y en sus ahorros económicos.

La instalación de una bomba de calor puede subvencionarse, por lo que, se reduciría su inversión inicial, favoreciendo la recuperación del desembolso. Gracias a esta subvención

estas medidas presentan un estudio económico favorable, y pueden considerarse como medidas a implantar en dicha vivienda.

La instalación de una bomba de calor está destinado principalmente a la reducción del consumo energético, a diferencia que la caldera de biomasa, cuyo objetivo es la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> aun siendo el consumo energético mucho mayor, incluso, que la situación inicial.

La elección sobre las propuestas de mejora seleccionadas dependerá principalmente del poder adquisitivo del cliente, es decir, de lo que esté dispuesto a invertir en la rehabilitación energética de la vivienda. Además, hay que tener en cuenta en todo momento las posibilidades que ofrece la vivienda para la implementación de las mejoras en ella.

Por lo tanto, a continuación, se proponen las siguientes situaciones:

En primer lugar, el cliente está dispuesto a asumir una elevada inversión. Entonces, la propuesta de mejora más recomendable sería la introducción de una bomba de calor, al ser este el sistema más eficiente de todos los mencionados y el que menor consumo de energía requiere. Además, la vivienda en cuestión cuenta con espacio suficiente para su implementación.

Dentro de las propuestas con bomba de calor, existen dos alternativas, suelo radiante y radiadores de baja temperatura. En el caso, de que el cliente quiera aprovechar la existencia de la instalación de radiadores ya existente y no quiera verse envuelto en una gran obra de rehabilitación teniendo que levantar el suelo para la colocación del suelo radiante, la opción más favorable es la implementación de los radiadores de baja temperatura. Por el contrario, si el cliente prefiere está dispuesto a asumir una gran reforma, y, además, busca un mayor confort térmico dentro de su vivienda, la solución más recomendable sería una bomba de calor combinada con un suelo radiante.

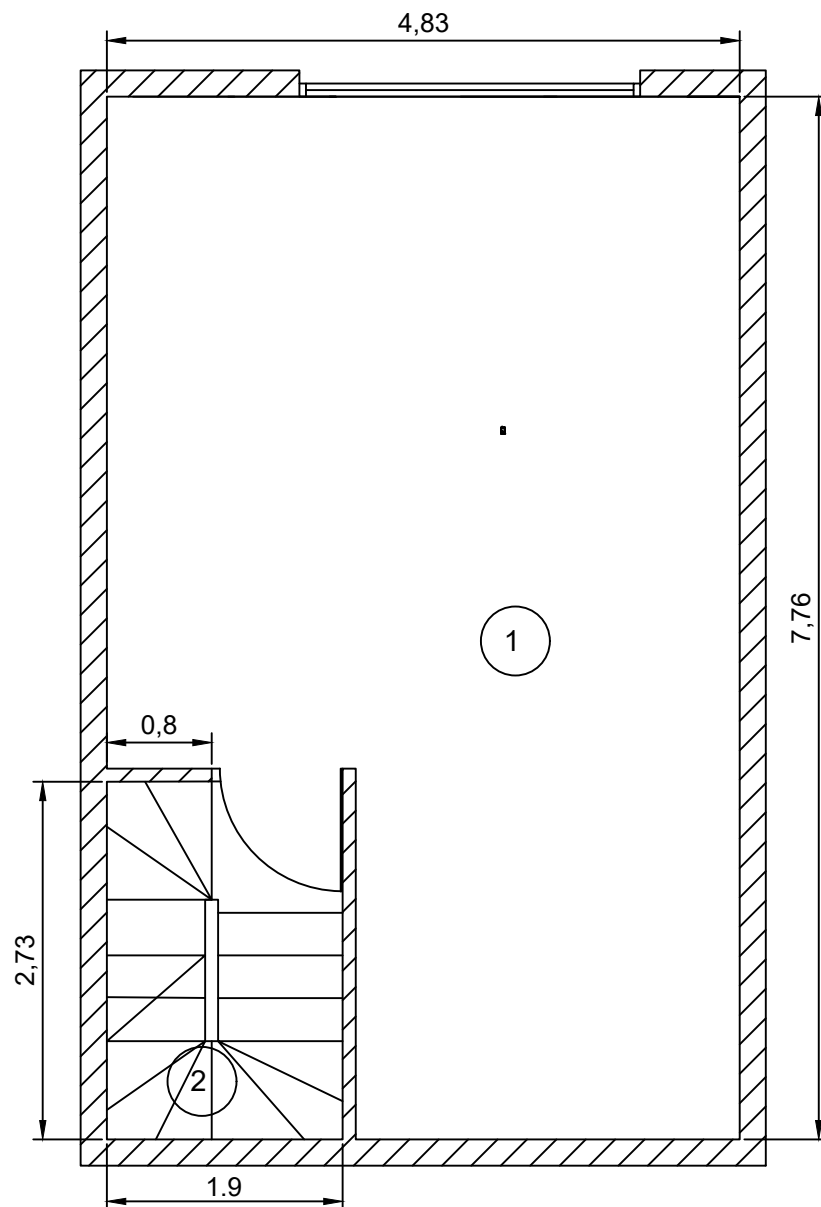
En segundo lugar, el cliente no está dispuesto a asumir una elevada inversión. Entonces la propuesta de mejora más recomendable sería la introducción de una caldera de biomasa. A pesar de que la demanda energética con este sistema sería mayor, el precio de los pellets es bastante reducido en comparación con cualquier otra fuente de energía. Es por ello por lo que, la caldera de biomasa es una adecuada solución. Al igual que con la anterior alternativa, la vivienda dispone de espacio suficiente para la instalación de la caldera, sin embargo, existiría un problema en el caso de que se necesitaría un silo adicional para el almacenamiento de los pellets. Con esta alternativa, no sería necesario modificar la instalación de los radiadores, serían más que suficientes los existentes en la vivienda.

Cabe destacar que, con estas alternativas, la calificación energética sería A, por lo que el cliente contaría con una vivienda altamente eficiente. Además, dicha vivienda cumpliría con lo establecido en el código técnico referente al uso de energías renovables.

Finalmente, como complemento de las alternativas anteriores, se recomendaría la sustitución total de las luminarias por LED y la sustitución parcial de los electrodomésticos que más consumen y más utilizados se utilizan. Dichas modificaciones se podrían realizar de forma progresiva, haciendo así una inversión más llevadera, y obteniéndose unos buenos resultados económico.

# ANEXOS

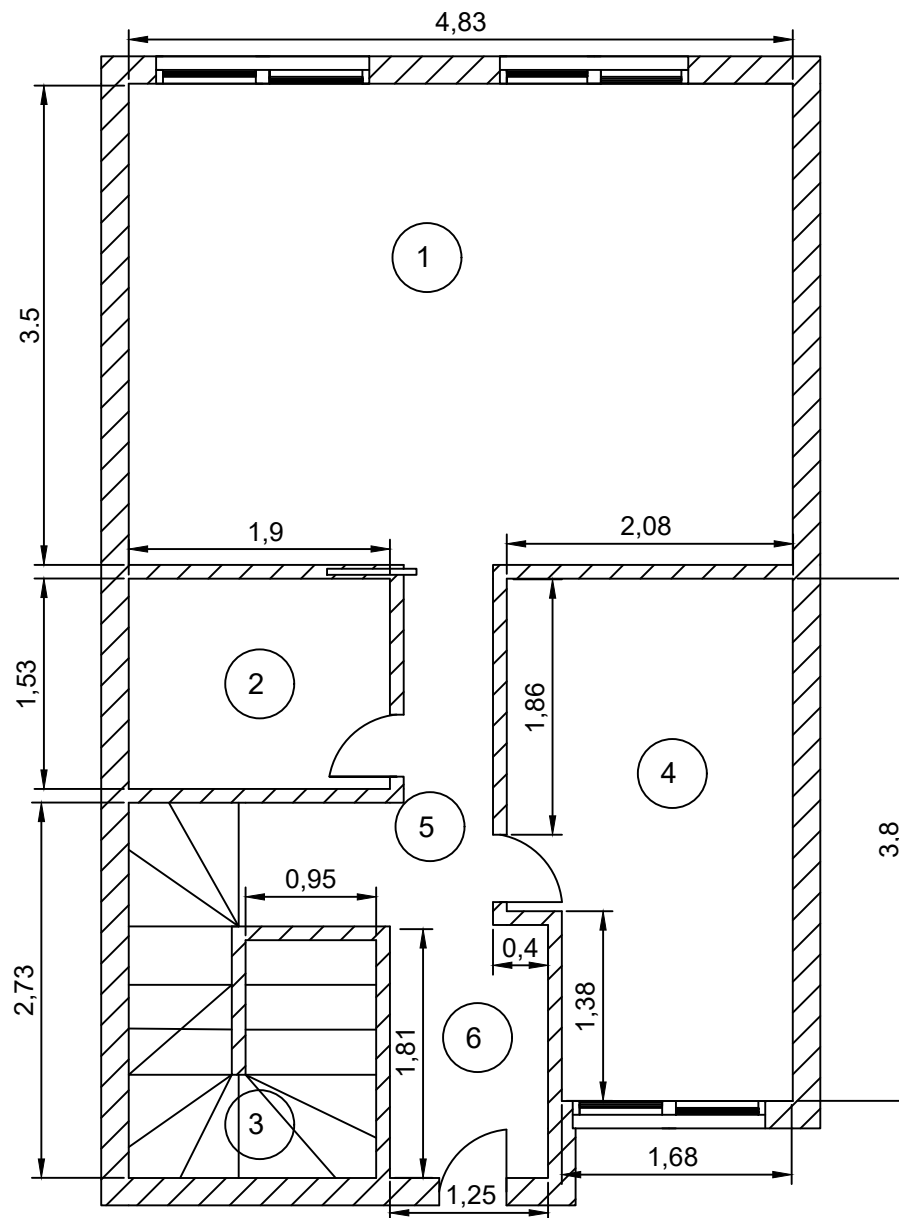




## ESTANCIAS

1	Garaje
2	Escalera

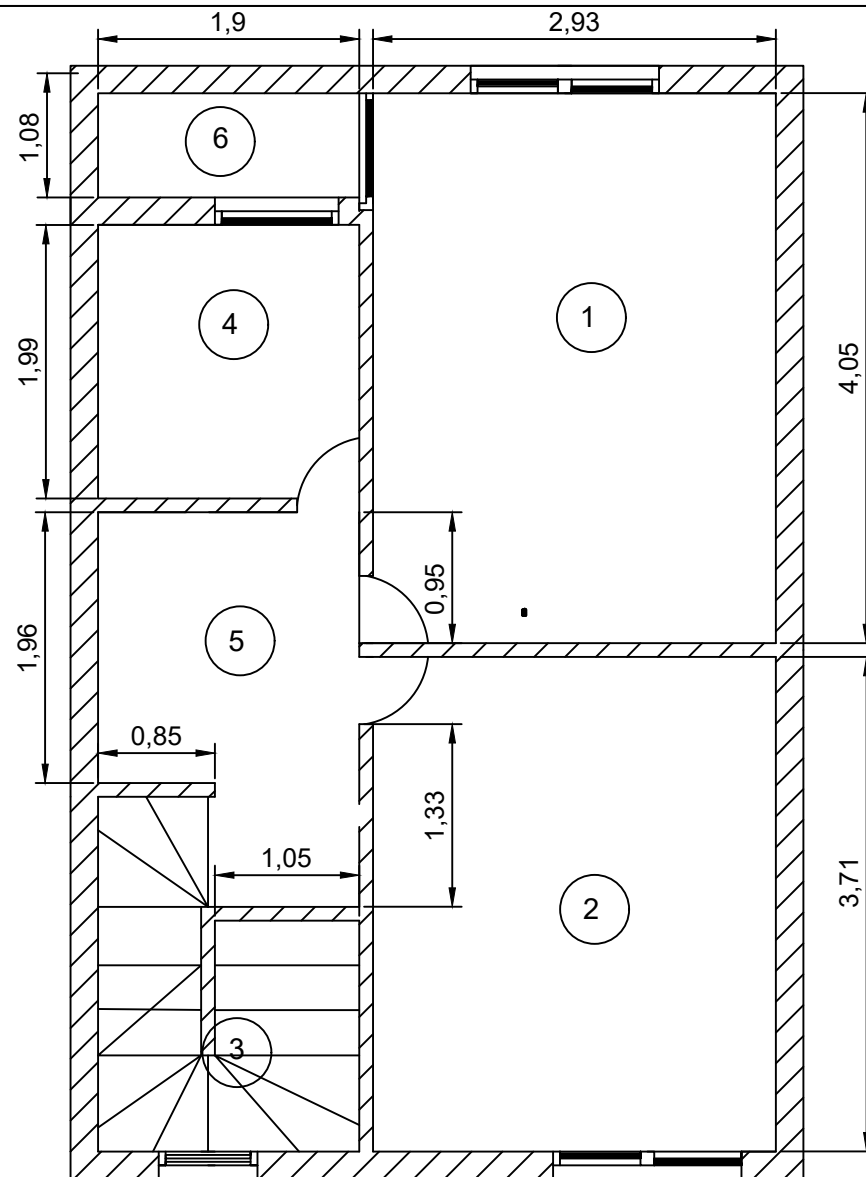




## ESTANCIAS

1	Salón-Comedor
2	Baño 1
3	Escalera
4	Cocina
5	Distribuidor
6	Hall

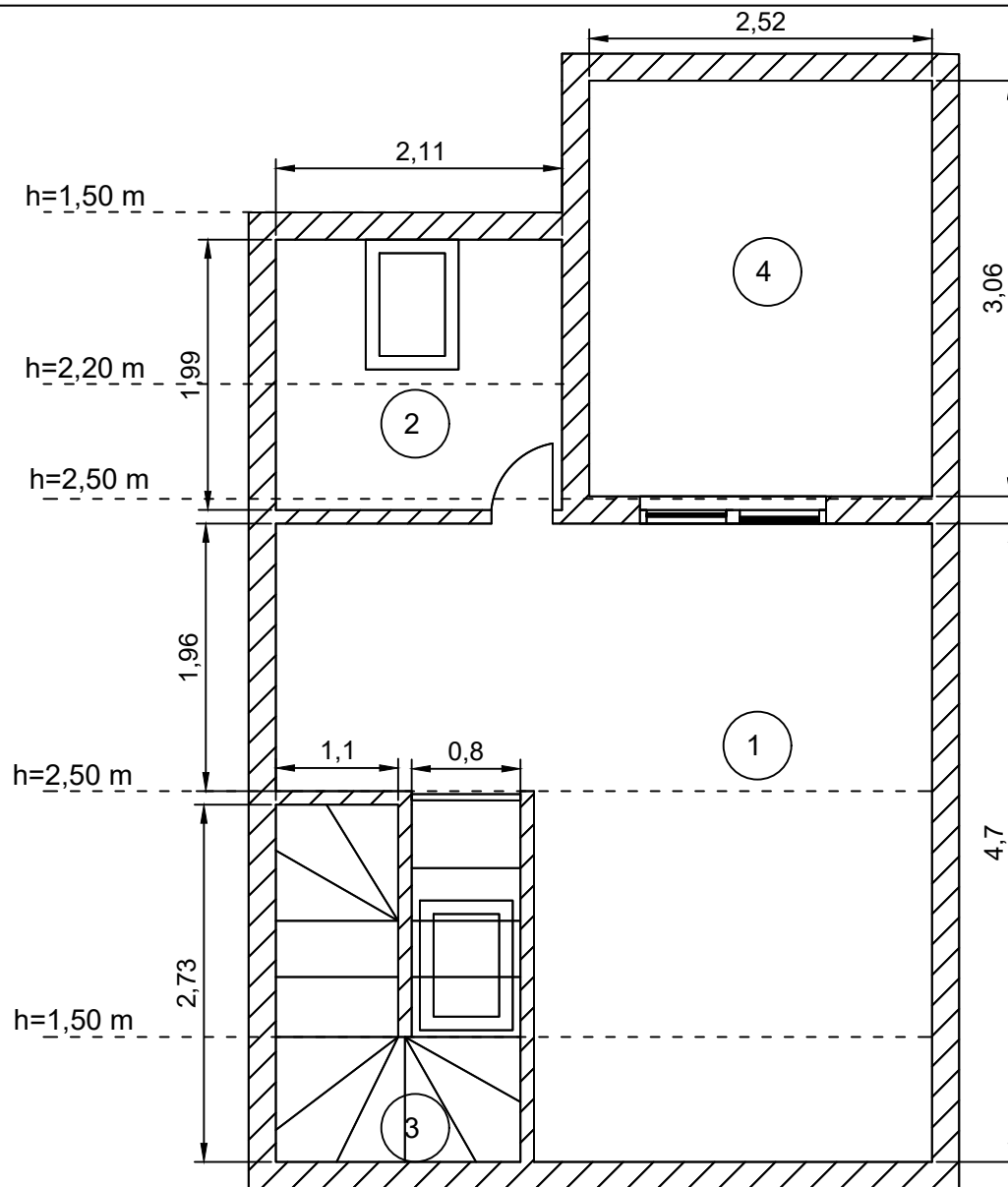




## ESTANCIAS

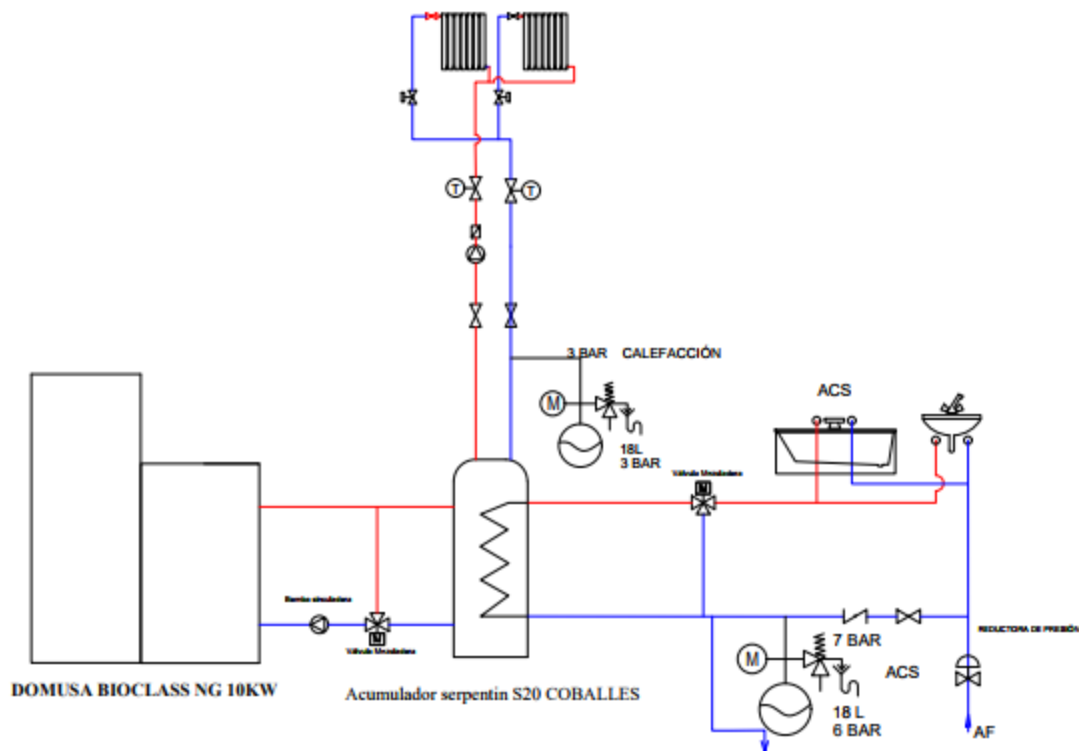
1	Dormitorio 1
2	Dormitorio 2
3	Escalera
4	Baño 2
5	Distribuidor
6	Terraza

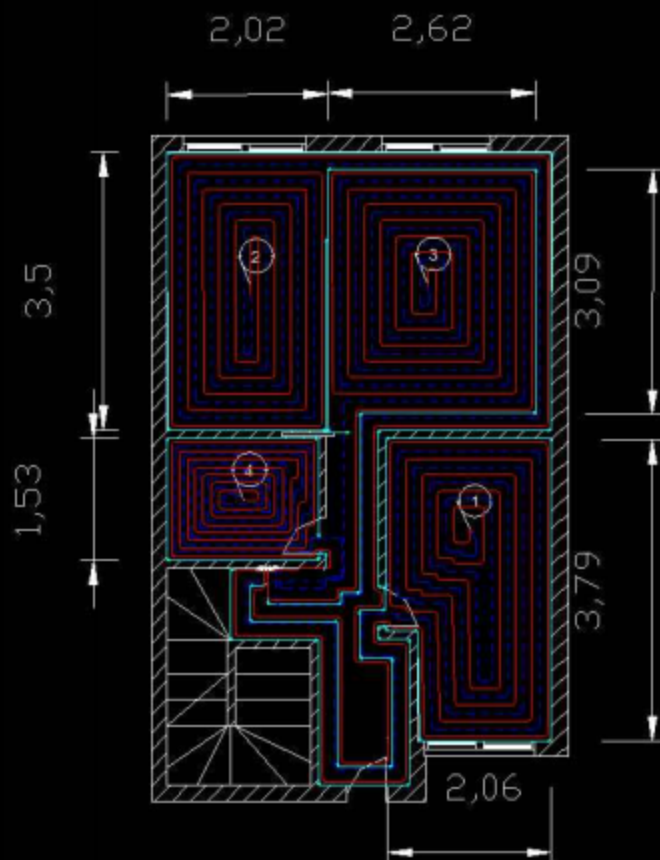




ESTANCIAS	
1	Dormitorio 3
2	Baño 3
3	Escalera
4	Terraza



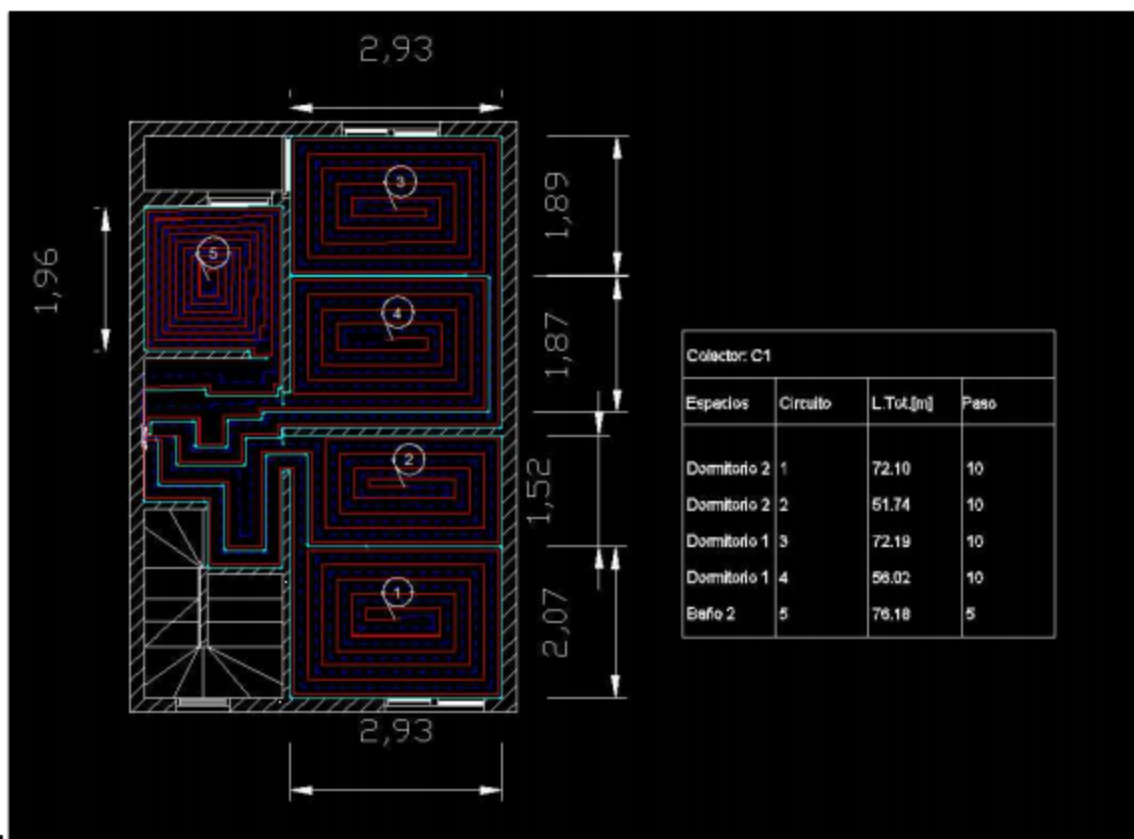




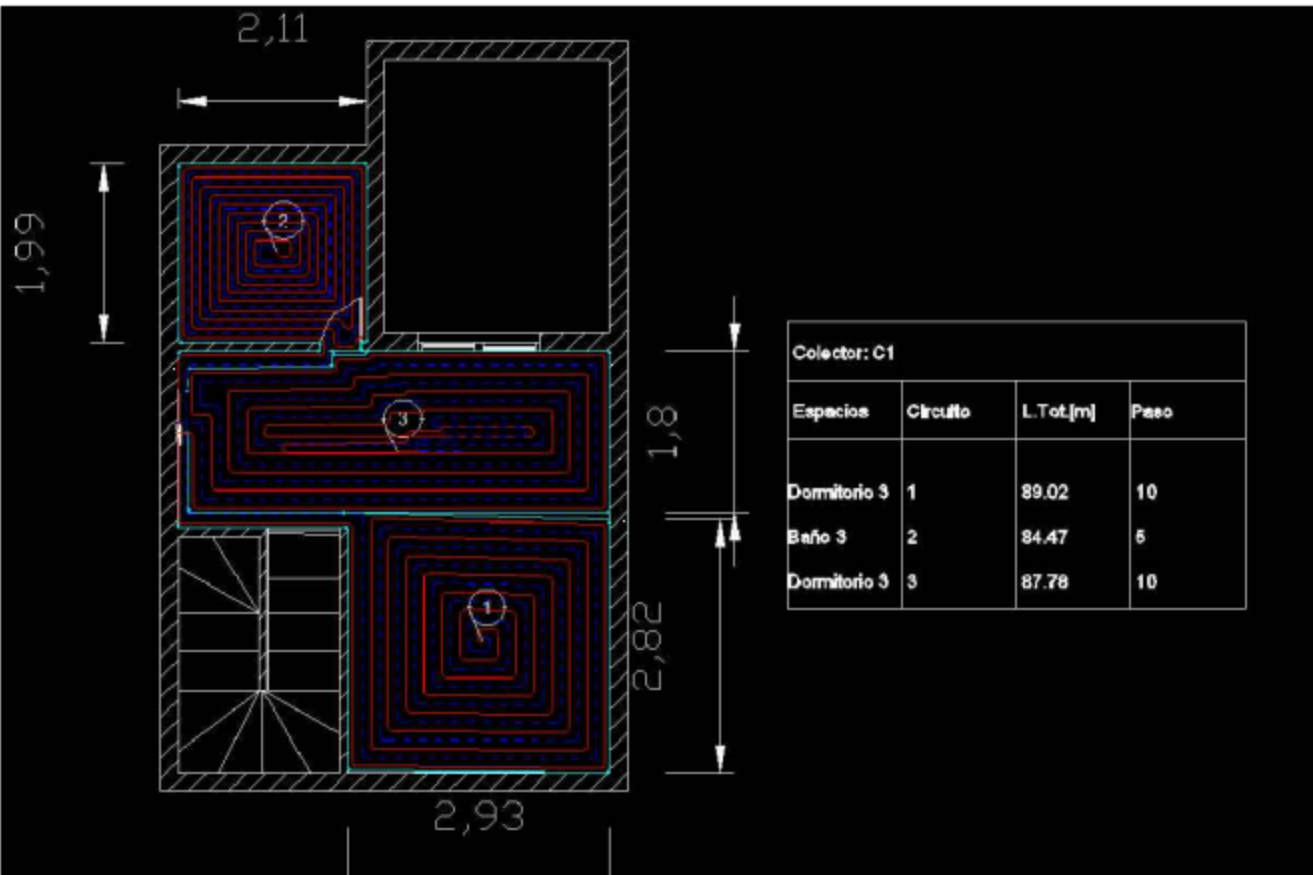
Colector: C1

Espacios	Circuito	L. Tot.[m]	Paso
Cocina	1	86.86	10
Salón-Come	2	99.99	10
Salón-Come	3	87.66	10
Baño 1	4	56.18	5



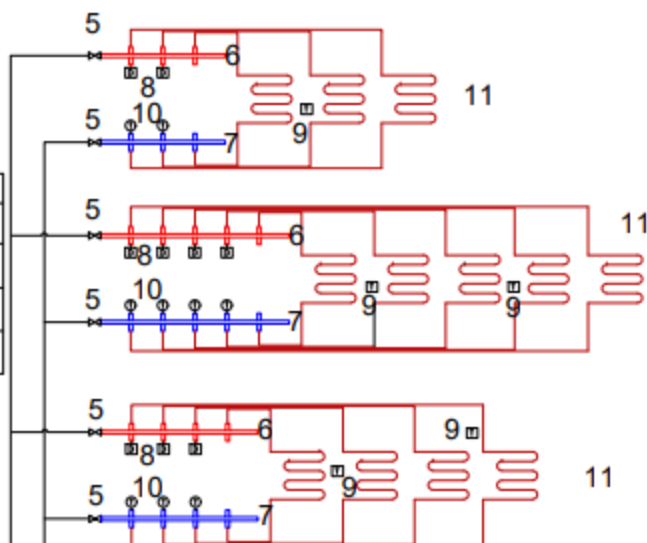
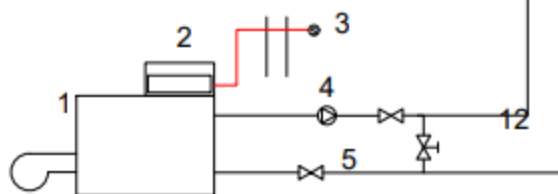


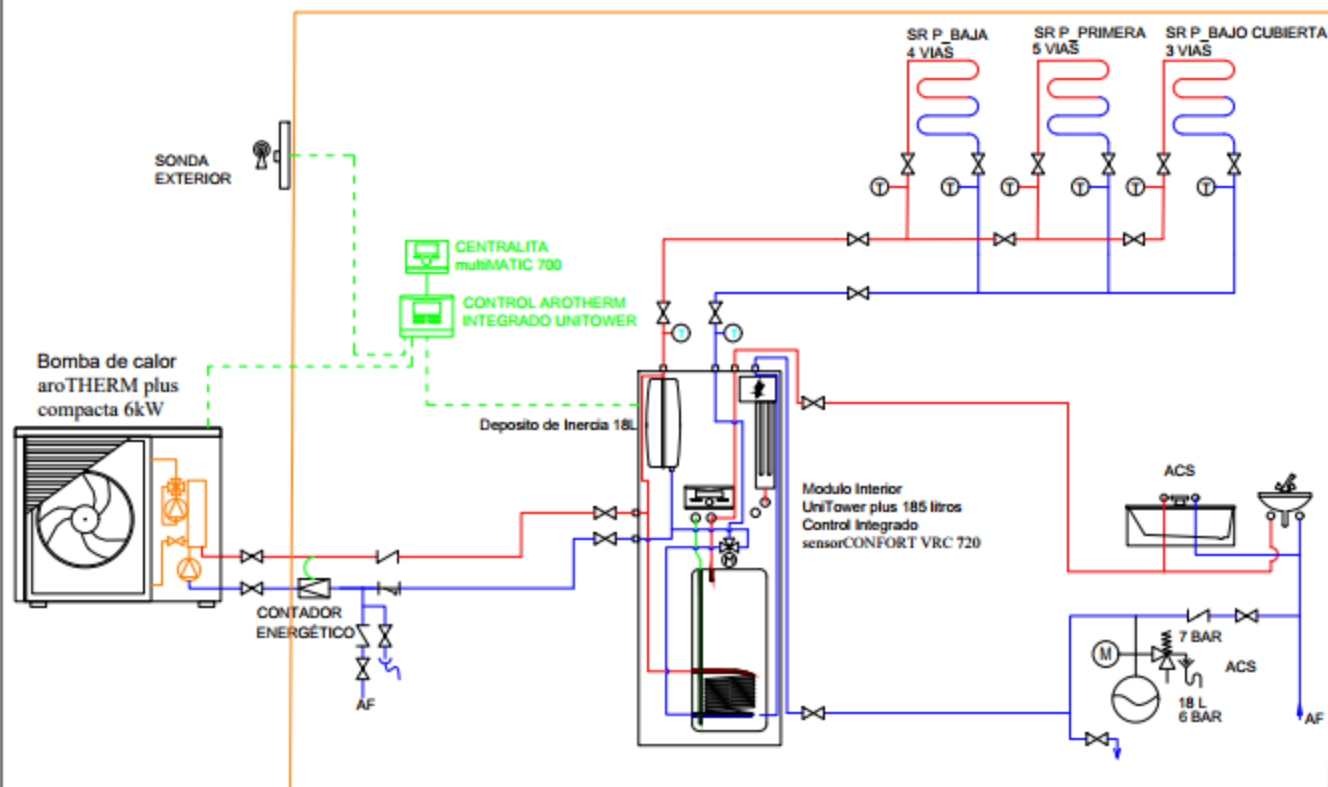
Colector: C1			
Espacios	Circuito	L.Tot.[m]	Paso
Dormitorio 2	1	72.10	10
Dormitorio 2	2	51.74	10
Dormitorio 1	3	72.19	10
Dormitorio 1	4	56.02	10
Baño 2	5	76.18	5

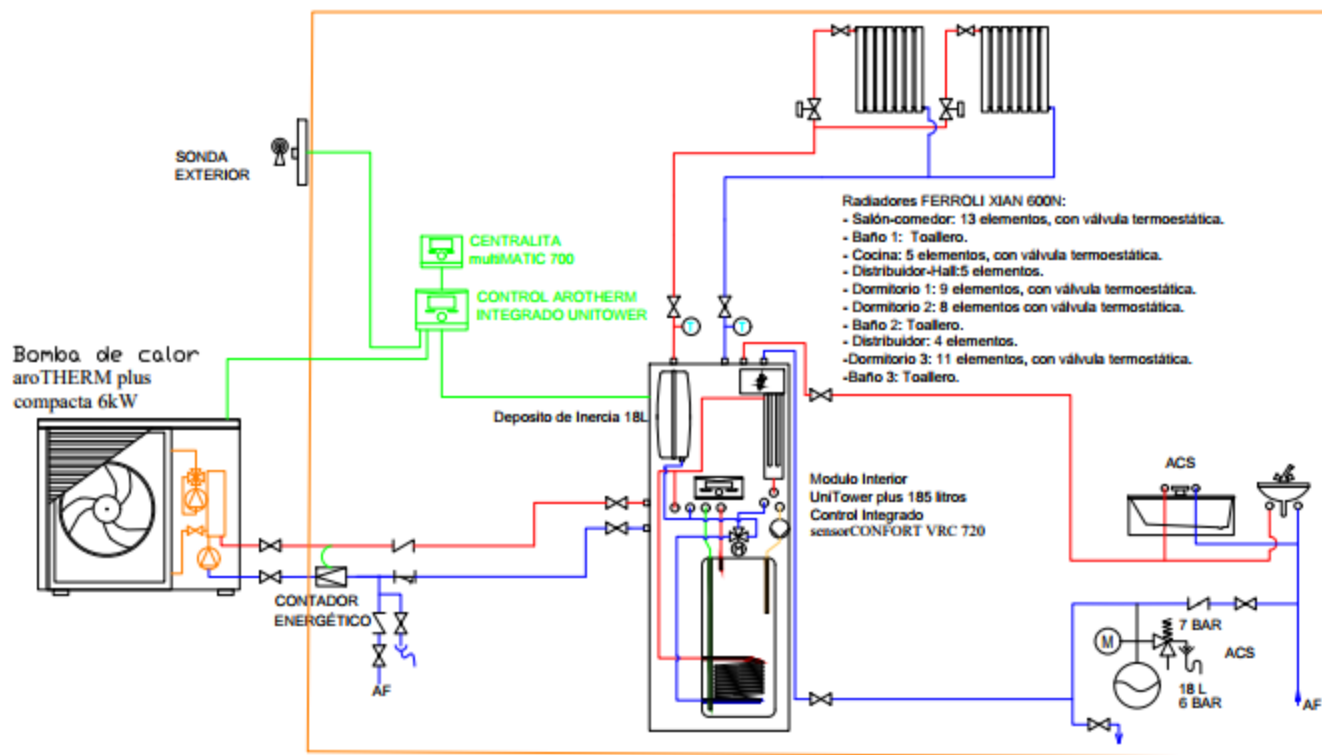




LEYENDA					
1	Caldera de condensación	5	Válvula de corte	9	Termoestato de control de estancias
2	Central de regulación por sonda exterior	6	Colector de impulsión	10	Cabezal termoelectrónico
3	Sensor de temperatura exterior	7	Colector de retorno	11	Circuitos de tubos emisores
4	Bomba circuladora	8	Detentor	12	Válvula de presión diferencial regulable







## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. AEMA. *El medio ambiente en Europa estado y perspectivas 2020*. Luxemburgo : s.n., 2019.
- [2]. IDAE. *Análisis del consumo energético del sector residencial en España*. 2011.
- [3]. Comision, energética de expertos sobre escenarios de transición. *Análisis y propuestas para la descarbonización*.
- [4]. Bayona, Eduardo. Público. [En línea] 30 de 11 de 2019. [Citado el: 28 de 3 de 2020.] <https://www.publico.es/sociedad/emisiones-co2-chapuzas-inmobiliarias-burbuja-disparan-emisiones-co2-hogares.html>.
- [5]. Gerendas-Kiss, Sandor Alejandro. SGK Planet. [En línea] Breve historia de las COP – Conferencias sobre el Cambio Climático, Publicado por primera vez en noviembre de 2015 – Actualizado a noviembre de 2019. [Citado el: 10 de Febrero de 2020.] <https://sgerendask.com/>.
- [6]. Renovables, APPA. Producción nacional y autoabastecimiento. [En línea] [Citado el: 15 de Febrero de 2020.] <https://www.appa.es/>.
- [7]. Renovables, APPA. Energía primaria y producción eléctrica. [En línea] 2018. [Citado el: 20 de Febrero de 2020.] <https://www.appa.es/>.
- [8]. CREARA. Modelo español de eficiencia energética. [En línea] 1 de Septiembre de 2014. [Citado el: 21 de Febrero de 2020.] <https://es.slideshare.net/ccenergia/modelo-espaol-de-eficiencia-energtica>.
- [9]. *Evolución de la Eficiencia Energética de los Edificios en Europa vs. España en el Día Mundial del Ahorro de Energía*. s.l. : INARQUIA, 2014.
- [10]. Diario, oficial de la Unión Europea. *Directiva 2010/31/UE del parlamento europeo y del consejo*. 2010.
- [11]. Gobierno, de España. CTE. [En línea] [Citado el: 3 de Marzo de 2020.] <https://www.codigotecnico.org/>.
- [12]. [En línea] <https://www.supertiendasolar.es/solaronline/eshop/9-1-OFERTAS/0/5/594-CALDERA-DE-PELLET-DOMUSA-BIOCLASS-10-KW>.
- [13]. Coballes, Depositos. [En línea] <http://www.depositoscoballes.com/es/productos/p/796>.
- [14]. Calderas, Junkers. [En línea] Agosto de 2020. <https://www.junkers.es/es/es/ocs/bosch-junkers-es/cerapuracu-smart-1095569-p/>.
- [15]. Orkli, Calefacción y confort. [En línea] Agosto de 2020. <https://www.orkli.com/es/web/confort-calefaccion/suelo-radiante-refrescante>.
- [16]. CONAIF. *Manual de calefacción por suelo radiante*. s.l. : 1ª Edición, 2007.
- [17]. Vaillant. [En línea] Agosto de 2020. <https://www.vaillant.es/arothermplus/>.
- [18]. IDAE. *Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios*. Madrid : s.n., 2014.
- [19]. Ferroli. [En línea] Agosto de 2020. <https://www.ferroli.com/es/products/radiadores-de-agua/radiador-aluminio-xian-n>.

- [20]. IPCC. *Cambio Climático: Informe de síntesis*. 2016.
- [21]. Duarte, Carlos M. *Cambio Global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra*. 2006.
- [22]. Eurostat. European Commission. [En línea] [Citado el: 7 de Febrero de 2020.] <https://ec.europa.eu/eurostat>.
- [23]. Spark, Weather. El clima típico de cualquier lugar del mundo. [En línea] [Citado el: 10 de Abril de 2020.] <https://es.weatherspark.com/>.
- [24]. Gobierno, de España. DB-SI. [En línea] <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-seguridad-caso-incendio.html>.
- [25]. IDAE. *Condiciones climáticas exteriores de proyecto*.
- [26]. —. *Rite - Reglamento instalaciones térmicas en los edificios*.
- [27]. *Reglamento electrotécnico para baja tensión*.
- [28]. UE. *Norma europea sobre la iluminación para interiores-UNE 12464.1*.
- [29]. AICIA. CALENER-VYP: Viviendas y edificios terciarios pequeños y medianos. Manual de Usuario. [En línea] Mayo de 2009. [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_CALENER\\_05\\_VYP\\_Manual\\_Usuario\\_A2009\\_A\\_4c6978f8.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_CALENER_05_VYP_Manual_Usuario_A2009_A_4c6978f8.pdf).
- [30]. Calor y frío. [En línea] [Citado el: 8 de 7 de 2020.] <https://www.caloryfrio.com/>.
- [31]. Eurostat. Estadísticas de los precios de la electricidad. [En línea] [Citado el: 14 de Julio de 2020.] [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity\\_price\\_statistics/es](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics/es).